

Comité scientifique et technique du caoutchouc
CSTC - IRCA/CIRAD Procès-verbal de la 15ème
réunion tenue à Paris le 14 mars 1990
IRCA/CIRAD



Institut de Recherches sur le Caoutchouc

*Département du Centre de Coopération Internationale
en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)
42, rue Scheffer 75116 Paris (France) - Tél. : (1) 47.04.32.15*

Télex : 620871 INFRANCA PARIS

COMITE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU CAOUTCHOUC

CSTC - IRCA/CIRAD

Procès-verbal de la 15eme réunion
tenue à Paris le 14 mars 1990

IRCA/CIRAD 42 rue Scheffer 75116 PARIS



JBS/nl
IRCA-Documentation
Avril 1990

SOMMAIRE

Introduction	<u>Pr. J. d'Auzac</u>	5
 AGRONOMIE		
<u>Phytotechnie</u>		
1. Problèmes posés par le développement des plantations villageoises en Côte d'Ivoire	<u>J.M. Eschbach</u>	13
2. Valeurs de références clonales de croissance et de production en Côte d'Ivoire	<u>J. Commère</u>	21
3. Lutte contre les maladies de feuilles : Défoliation artificielle à HEVECAM (Plantation de la Nyété)	<u>Y. Gohet</u>	27
 <u>La Biologie Moléculaire et la recherche en Hévéaculture</u>		
1. La Biologie Moléculaire et la recherche en Hévéaculture	<u>Y. Dattée</u>	45
2. La Biologie Moléculaire Nouvelles perspectives pour l'analyse du génome Hevea : les marqueurs moléculaires.	<u>D. Nicolas</u>	57
3. Physiologie Moléculaire. A la recherche des mécanismes moléculaires liés à la production	<u>J.L. Jacob</u>	63
 <u>Encoche Sèche</u>		
1. Synthèse du Workshop sur l'Encoche Sèche Malaisie (juin 1989)	<u>J.L. Jacob</u>	75
2. Bilan des travaux de l'ORSTOM en Côte d'Ivoire sur la nécrose corticale de l'Hevea	<u>D. Nandris</u>	77

3. Phénomène de l'Encoche Sèche en Côte d'Ivoire

J. Commère,
J.M. Eschbach,
E. Serres 89

4. Propositions de recherches sur l'Encoche Sèche

J.L. Jacob 97

Guyane

Rôle et objectifs de l'implantation de l'IRCA en Guyane

E. Rivano 103

TECHNOLOGIE

1. Modification par le caoutchouc liquide de la viscosité en masse du caoutchouc au cours de sa mise en oeuvre

H. de Livonnière,
Dr J.L. Leblanc 119

2. "Typologie clonale". Propriétés technologiques des caoutchoucs

J.C. Laigneau 125

3. Séchage des feuilles. Structures et mécanismes internes en phase diffusionnelle

Pr. Benet 137

Conclusions

Pr. J. d'Auzac 145

Liste des participants

163

INTRODUCTION

INTRODUCTION

du Président du CSTC Pr. J. d'AUZAC

C'est aujourd'hui la 15ème session annuelle plénière de notre Comité Scientifique et Technique du Caoutchouc. Ceci constitue, peut-on penser, un exemple de stabilité dans une époque d'évolution galopante. Stabilité ne signifie pas toutefois stagnation, j'en veux pour preuve le premier CSTC rassemblant 17 personnes et nous sommes aujourd'hui plus de 70. Que ceux qui doutent d'une telle évolution retournent au 1er Compte-Rendu du 25 Mai 1976 et feuilletent la collection des compte-rendus. C'est une mine d'or. Il est évident que les sujets présentés ont très largement évolués et que, la *communicative* aidant, les présentations des orateurs passent infiniment mieux la rampe. Ce CSTC s'avère à l'expérience un lien particulièrement propice aux échanges. Dois-je rappeler la conjonction autour de cette table d'une part, des planteurs, des négociants, des manufacturiers du caoutchouc, d'autre part des chercheurs de l'IRCA, entourés d'Universitaires et de spécialistes au plus haut niveau appartenant à divers organismes de recherche français ? Une telle structure est tout à fait *originale* au sein du CIRAD.

Il est devenu d'usage au cours de cette introduction de faire un rapide tour d'horizon des événements marquants de la vie de l'IRCA dans l'année écoulée à l'exclusion de ceux qui seront présentés par les chercheurs eux-mêmes.

Technologie

En Technologie l'évènement marquant est sans contexte la réunion internationale tenue à Abidjan en décembre dernier pour tirer les conclusions à la fin du 2ème contrat IRRDB/UNIDO sur le Caoutchouc Liquide. Trois ministres du gouvernement de Côte d'Ivoire, des représentants de l'UNIDO, ONUD, RFA et IRRDB assistaient à cette réunion durant laquelle 21 communications scientifiques ont été présentées. Les manufacturiers du caoutchouc ont fait part de l'intérêt que présentait pour eux le caoutchouc liquide dépolymérisé, modifié ou non. Le Dr. MULLINS, (IRRDB) a formulé explicitement une demande de prolongation de contrat visant encore à perfectionner l'ensemble du procédé. On notera particulièrement l'intérêt manifesté pour l'utilisation du caoutchouc liquide en tant que modificateur de la viscosité en cours d'usinage, l'existence d'un marché de 3 à 5 000T/an de caoutchouc liquide, et aussi l'intérêt pour le caoutchouc liquide époxydé dans le monde des adhésifs.

Ne seront pas évoqués au cours de ce CSTC des travaux en cours à l'IRCA sur le développement d'un élasticimètre ni ceux portant sur la cinétique de la vulcanisation.

Plan Quinquennal.

La Recherche est sans doute le domaine où il est le plus difficile de Programmer. Il n'en reste pas moins que les Hommes, les problèmes, et les techniques évoluent, que tombent les résultats expérimentaux et qu'il est indispensable de poser de temps à autre le sac à terre pour réfléchir. L'IRCA a organisé en Juin dernier un Séminaire, dans la nature, hors téléphone, ou un nombre important de chercheurs, oeuvrant dans les différentes implantations géographiques de l'IRCA, était rassemblé.

Le bilan des recherches de ces 5 dernières années a été établi et des discussions très ouvertes ont conduit à définir une somme de PROPOSITIONS concernant la poursuite et/ou la modification des programmes existant mais aussi la mise en place de nouveaux programmes. Un important document de PROPOSITIONS sera disponible à la fin de ce mois de Mars 1990.

Il nous faut signaler que l'IRCA fera dans les mois qui viennent l'objet d'un audit. Il y aura seulement 5 auditeurs, pour des raisons financières me dit-on. J'aurais personnellement souhaité que des personnalités qui utilisent la recherche IRCA, Planteurs, Négociants, Manufacturiers, soient représentés car on peut penser que ce sont les premiers concernés dans l'efficacité de l'IRCA. J'aurais souhaité que les disciplines scientifiques soient également plus largement représentées. On me dit que les "Auditeurs" pourront s'enquérir auprès de "Consultants" pour que cet audit, je l'espère vivement, soit au maximum profitable à l'IRCA.

La Recherche IRCA en liaison avec la Recherche française.

Le direction de l'IRCA comme moi-même accordons une importance majeure à approfondir une recherche appliquée par une recherche située en amont, laquelle est justement à la base de toute recherche appliquée.

A cet égard, l'année 1989 fut une très bonne année et je remercie vivement le Directeur du CIRAD, M. BICHAT d'avoir pu nous obtenir 4 bourses de thèse alors que l'Université reste en période de vaches squelettiques.

- Une thèse est en route sur la détection précoce du Fomès par des méthodes Immunologiques (D. DESPREAUX et Pr. DRON, Paris-Orsay).

- une thèse démarre sur l'étude du système racinaire des seedlings, greffés, microboutures, à INRA d'Avignon (Dr. PAGES).

- Une thèse sur la culture *in vitro* en milieu liquide intéressant l'embryogenèse somatique est partie à l'Université de Montpellier dans le laboratoire IRCA-CIRAD.

- Une thèse démarre au laboratoire AGETROP de Montpellier sur l'utilisation de la Biologie Moléculaire en Amélioration (RFLP). Elle est dirigée par le Pr. QUETIER (Paris-Orsay).

- Une thèse sur la Biologie Moléculaire de la stimulation à l'éthylène dirigé par le Pr. GUERN (Paris-Orsay) est en place avec le concours des spécialistes de la Biologie Moléculaire.

*

Je voudrais ouvrir une parenthèse pour rendre grâce à la Maison MICHELIN qui, en l'espace de 2 ans, a financé 4 Thèses sur la Biologie de l'Hevea. On ne peut que souhaiter qu'un tel sponsoring aille en se développant et que d'autres partenaires suivent cet exemple. Il apparaît évident que l'avenir scientifique de l'IRCA réside justement, pour une large part, dans de tels investissements.

Biologie Moléculaire.

Les Instituts de Recherche se doivent, au sens propre du terme, de se tenir au courant des disciplines et des techniques nouvelles pour en tirer profit dans leur recherche. C'est le cas de techniques telle la Biologie Moléculaire qui permet une explosion de connaissances nouvelles, lesquelles, demain, seront largement utilisées dans le Génie Génétique pour l'Amélioration des Plantes.

Voilà 3 ans que l'IRCA s'efforce de prendre ce train en marche. Nous venons d'enregistrer 2 graves échecs qui nous ont fait justement perdre 3 ans. Un projet, sans doute trop ambitieux, a été refusé dans le cadre CEE du STD-2. Un second projet, qui était tout à fait satisfaisant a été bâti autour d'une coopération ORSTOM-IRCA, pour une part sur fonds propres, via l'équipe du Dr. H. CHRESTIN qui eût été renforcée. Chacun sait la triste évolution de l'IRSDA et la dispersion de l'équipe CHRESTIN. Pour l'IRCA c'est une perte catastrophique quant à l'acquis

scientifique de cette équipe dans le domaine latex et quant à la dispersion de son potentiel intellectuel et matériel... Dans le domaine de la Biologie Moléculaire l'IRCA est forcément de taille tout à fait minime par rapport au volume de l'équipe complémentaire qui nous permettra d'aborder efficacement la Biologie Moléculaire. Nous avons la faiblesse de croire, et j'ai peur que ce soit vraiment une faiblesse, que les connaissances de l'IRCA en Physiologie et en Génétique de l'*Hevea* soient indispensables aux Biologistes Moléculaires qui aborderont l'*Hevea*.

On sait déjà aujourd'hui, que dans le monde au moins 3 équipes ont attaqué la Biologie Moléculaire de l'*Hevea* dans l'optique du Génie Génétique afin de créer des *Hevea* transformés, c'est à dire dont le patrimoine génétique clonal aura été complémenté de façon profitable quant à la production ou la résistance aux stress ou aux pathogènes.

Tout cela est donc plutôt négatif.

Par contre, en 1989, des contacts ont été établis au plus haut niveau avec un spécialiste International le Pr. N. CHUA de l'Institut ROCKFELLER de New York lequel est en même temps directeur d'un laboratoire de Biologie Moléculaire de Singapour où 4 chercheurs "top niveau" travaillent déjà en Biologie Moléculaire de l'*Hevea* dans des conditions remarquables. Une mission d'échanges incluant un couple de chercheur, Français et Singapourien, vient d'être effectuée en Côte d'Ivoire et à Singapour. Un thésard français, Melle V. PUJADE-RENAUD, entame une thèse sur les approches moléculaires de la stimulation. Une autre chercheur Melle BESSE entame une thèse sur l'utilisation de la Biologie Moléculaire dans le cadre du programme amélioration alors qu'un contrat CEE/STD-2 a fait que l'IRCA dispose de l'aide du Pr. BOUTRY, également pour l'utilisation de la Biologie Moléculaire dans le programme Amélioration.

Voilà donc ce que nous avons pu mettre en place. C'est tout petit à côté de ce que pourrait comporter un vrai programme de Biologie Moléculaire orienté à terme sur le Génie Génétique. Nous sommes désespérément à la recherche d'une importante collaboration scientifique et d'un financement sur un programme à long terme.

Etant quant à moi persuadé, mais je n'engage que moi, que les instituts qui n'auront pas pris rapidement ce tournant, seront dans quelques années largement marginalisés alors que des entreprises privées de Génie Génétique proposeront, un jour ou l'autre, sur le marché des *Heveas* améliorés.

Trois réunions thématiques du CSTC se sont en fait tenues cette année sur ce thème où de nombreux intervenants extérieurs spécialisés ont été entendus. C'est dire l'importance, à nos yeux, de ce thème dans le contexte actuel.

Diagnostic latex.

L'IRCA ne parlera pas aujourd'hui du Diagnostic-Latex (DL) car maintenant ce sont les Planteurs qui en parlent et qui nous en demandent.

Disons seulement qu'un laboratoire moderne pour les analyses du DL est en cours d'achèvement à l'IRCA en Côte d'Ivoire sur fonds BSIE. Par ailleurs, une étude est en cours pour que l'IRCA soit, en Indonésie (Sumatra), maître d'oeuvre d'un laboratoire industriel de DL au profit de plusieurs grands groupes de plantation; l'Institut de recherche de Thaïlande est intéressé, d'autres négociations sont en cours.

Les Planteurs ont tous perçus à ce jour comment le DL constitue un outil majeur dans la *rationalisation de l'exploitation* de leurs clones. De plus en plus il constituera un instrument au même titre que l'analyse de sang constitue un outil de routine dans les bilans de santé réguliers chez l'Homme.

L'IRCA a la chance extraordinaire de travailler sur un matériel produisant *en continu* un milieu cellulaire, le latex. Ceci constitue un avantage tout à fait remarquable que nous avons

largement, utilisé pour des recherches appliquées telles le DL est que nous employons pour des recherches d'amont en physiologie cellulaire et moléculaire.

La Diversification géographique de l'IRCA.

Depuis des années l'IRCA tend à développer ses activités de recherche plus ou moins appliquées dans divers pays hévéicoles, soit dans le cadre d'instituts de recherches nationaux, soit au sein de plantations industrielles, soit en assistance à des organismes de développement.

A côté de la base-centre que constitue la station IRCA de Côte d'Ivoire, tout le monde connaît l'impact de l'IRCA, au Cameroun et au Gabon, en Thaïlande et en Indonésie, en Guyane et au Brésil, pour ne citer que les principaux.

L'IRCA persévère avec *beaucoup de ténacité* pour développer sa base IRCA-CIRAD de Guyane... Les moyens en phytopathologie s'y développent lentement mais régulièrement, ainsi que les collections de clones. Le financement de 20 nouveaux ha de plantations expérimentales et de la création d'une mini-usine obtenus, tandis que l'IRCA, avec l'aide souhaitée du CIRAD, fait le maximum pour augmenter la surface de laboratoire et y accueillir demain, physiologistes, généticiens, etc... La Guyane devrait pouvoir très prochainement contribuer à approvisionner la base métropolitaine de l'IRCA-CIRAD de Montpellier en matériel végétal divers à des fins expérimentales.

Amélioration.

La politique IRCA de création de nouveaux clones se développe régulièrement en bénéficiant d'améliorations successives des techniques. Rappelons que sera créée cette année la série des clones IRCA 1200. On est donc loin de l'IRCA 18. Un contrat CEE/STD 2 obtenu pour 3 ans permet de *développer* l'utilisation du Germplasm Amazonien par des recherches de terrain en Côte d'Ivoire et de laboratoire à AGETROP Montpellier, mais aussi en liaison avec le Pr. BOUTRY en Belgique.

La Société de Microbouturage de l'*Hevea*, la SMH, créée par 3 grands groupes de plantations, le CIRAD, l'IFC et l'IRCA entre dans sa 3ème année d'existence à la fin de laquelle un procédé de production de microboutures clonales d'*Hevea*, défini avec le soutien de la Société DELBARD sera disponible *pour initier* la production industrielle.

Le fait de pouvoir disposer d'une technique de production de microboutures va d'ailleurs *bouleverser* le programme de sélection de l'IRCA, en ce sens que les arbres-mères obtenus par pollinisation artificielle seront multipliés, *à l'état juvénile*, donc sans difficultés, par microbouturage. Le greffage sera plus ou moins rapidement abandonné et donc tous les aléas dus au porte-greffe. On portera donc l'effort de sélection sur des clones entiers, végétant donc sur leur propre système racinaire, ce qui pourra changer beaucoup de choses.

Notons enfin, le début de la diffusion des recommandations de clones et du fichier-clone par l'IRCA.

Phytotechnie.

L'étude des cultures associées va bénéficier d'un contrat CEE/STD 2 pour des recherches menées en Côte d'Ivoire et au Gabon en collaboration avec l'IRAT et L'Université allemande de HOHENHEIM.

Un financement du Ministère de l'Environnement devrait permettre de démarrer cette année une étude sur l'évolution de la fertilité des sols sous plantation d'*Hevea*.

Il faut noter la tenue d'un Workshop Franco-Thaïlandais organisé par l'IRCA sur le thème des systèmes de saignée utilisés par les petits planteurs du Sud de la Thaïlande... Il était

organisé en liaison avec l'institut de recherche thaïlandais et bénéficiait du soutien de la Direction Générale de l'Agriculture.

*

*

*

Voilà je pense le tour des événements majeurs pour l'IRCA dans cette dernière année de la décennie. Il reste maintenant aux chercheurs à présenter le point d'avancement des travaux récents, à vous poser des questions.

Il vous reste également à poser des questions, à poser des problèmes. Bref, il nous reste à dialoguer.

AGRONOMIE-PHYTOTECHNIE

PROBLEMES POSES PAR LE DEVELOPPEMENT DES PLANTATIONS VILLAGEOISES EN COTE D'IVOIRE

J.M. Eschbach

La réussite d'une plantation villageoise fait appel aux mêmes itinéraires techniques qu'une plantation industrielle.

Cependant, les techniques hévéicoles mises au point sur les stations de recherche sont rarement transposables telles quelles au milieu non industriel, compte tenu de plusieurs contraintes spécifiques :

- main d'oeuvre familiale faible,
- planteur âgé,
- faibles moyens matériels,
- faibles disponibilités foncières,
- faible technicité et faible réceptivité,
- encadrement.

En hévéaculture les 4 principaux objectifs sont d'avoir :

- un peuplement clonal homogène,
- une densité optimum d'arbres par hectare,
- une production à l'arbre élevée,
- une durée importante d'exploitation.

Le département des études agronomiques de l'IRCA en Côte d'Ivoire a commencé à étudier plusieurs thèmes :

- le choix du clone en vue d'une diversification clonale,
- les techniques de plantation et d'entretien pour assurer un peuplement dense, homogène et à croissance rapide,
- les associations culturales pour assurer au jeune âge un revenu au planteur, la lutte contre les maladies et parasites de l'hévéa, principalement le Fomès et le Loranthus.

La qualité du caoutchouc produit est prise en compte par le département des études technologiques.

Choix des clones

Le GT 1 représente actuellement 50 % des surfaces plantées en Côte d'Ivoire et 90 % des surfaces en milieu non industriel.

Les risques phytosanitaires doivent conduire à une diversification qui nécessite de sélectionner un clone plus performant et atténuant les contraintes dues à la faible technicité des hévéaculteurs.

Le clone idéal doit répondre aux critères suivants :

- bonne réussite au greffage et débourrement rapide,
- bonne vigueur au jeune âge assurant une rapide couverture du sol et une ouverture précoce,
- montée en production rapide, maintien d'une bonne production et facilité d'exploitation,
- résistances aux adversités : encoche sèche, phytophthora de panneau, blessures de

- saignée, casse au vent, maladies de feuilles,
- bonnes propriétés technologiques.

Dans cette optique, PB 235 et PB 217 présentent des inconvénients en milieu villageois. Une expérimentation a été mise en place pour permettre une évaluation de l'incidence de ces inconvénients.

En conclusion, pour les trois années à venir et en attendant les résultats des essais, seul le GT 1 est recommandable. L'IRCA poursuit cependant l'étude des clones tels que : AVROS 2037, PB 260, RRIC 100 et 110, IRCA 18, 109, 111 et 130.

Plantation et entretien

L'Eupatorium et l'Imperata peuvent désormais être maîtrisés par des herbicides. Leur coût élevé conduit maintenant l'IRCA à étudier la lutte biologique.

Au plantage les stumps de 20 mois, utilisés jusqu'à présent principalement pour des raisons de facilité de transport, présentent de nombreux inconvénients :

- mortalité importante en cas de déficit pluviométrique,
- sensibilité à la concurrence des adventices,
- taux parfois important de seedlings dû à un mauvais ébourgeonnage.

Le plantage en motte permet de lever ces inconvénients :

- plantage étalé dans le temps et obtention d'un peuplement homogène,
- contrôle plus facile de l'entretien,
- matériel végétal sélectionné.

Les pépinières devraient cependant être établies à proximité des parcelles villageoises et l'expérience menée dans ce sens par la Direction Centrale de la Promotion Hévéicole de la SAPH, en relation avec les planteurs, dans l'ouest de la Côte d'Ivoire, est très intéressante.

Associations culturales

L'intérêt pour les hévéas de l'association avec des cultures intercalaires a largement été démontré en station expérimentale. En milieu villageois cette technique conduit cependant à des résultats très variables dus principalement à une insuffisance d'entretien affectant la croissance de l'hévéa (tableau 1).

Tableau 1

Circonférence à 1 et 2 ans (cm)		
Plantation	Entretien	Croissance
PV1	Bon	7,6-17,5
PV2	Moyen	5,9-12,6
IRCA	Bon	7,0-15,3

Figure 1 : Isolation des souches



Figure 2 : Emploi de fongicides granulés



Sur le plan technique il faut préconiser l'association du pueraria à la dernière culture vivrière. D'autre part l'association ne peut être recommandée par les encadreurs que si le planteur a une disponibilité en main d'oeuvre suffisante.

Lutte contre les maladies et parasites

a) Fomès

Une enquête sur 1252 plantations de 3 à 8 ans, dans trois secteurs géographiques, montre un taux moyen d'infestation par le Fomès de 1,5 % sur les secteurs de l'Anguédédou et de Bonoua (forêt) et de 0,8 % sur le secteur de Dabou (savane). Si on considère le seuil de 3 % comme étant un seuil critique, environ 12 % des plantations villageoises ont un taux supérieur à 3 % d'infestation.

Des contraintes spécifiques aux plantations villageoises nécessitent de trouver des solutions adaptées à ces contraintes.

isolation des souches restant en place après l'abattage manuel (la destruction chimique des souches est pour l'instant inefficace) (Fig.1),
détection à posteriori des arbres voisins des arbres malades, au lieu des détections systématiques, longues et coûteuses,
emploi de fongicides granulés pour résoudre des problèmes de transport d'eau et mise au point d'une lutte biologique pour diminuer les coûts et la pollution (fig.2).

b) Loranthus

Sur les vieilles cultures du projet démarré en 1978 dans la région de l'Anguédédou, le taux d'infestation varie de 3 à 59 % des arbres présents avec 2 à 6 touffes par arbres. On observe, sur les cultures de 1978 à 1982, un taux moyen d'attaque de 8 %. Parmi ceux-ci, 75 % sont localisés en bordure de parcelle. Les premières observations semblent indiquer un effet défavorable du parasite sur la production de l'hévéa, pouvant aller jusqu'à la sécheresse de l'encoche et à la mort de l'arbre.

Des études plus complètes sont actuellement en cours sur la biologie du parasite, son épidémiologie, l'incidence sur l'hévéa et les moyens de lutte.

Conclusions

Les recherches menées en milieu villageois en Côte d'Ivoire ont montré la nécessité d'adapter les techniques mises au point en station expérimentale compte tenu des contraintes spécifiques liées à ce milieu. L'effort est à poursuivre au niveau de la diversification clonale et de la lutte contre le fomès et le loranthus.

Les associations culturales ne peuvent être menées que chez des planteurs suffisamment avertis des risques liés à un mauvais entretien. L'effet bénéfique de ces associations doit être largement diffusé par la mise en place et le suivi de plantations pilotes qui intégreraient l'ensemble des techniques préconisées.

Enfin, des modes de préparation du matériel végétal et des techniques de plantation et d'entretien doivent être imaginés et testés en station et en milieu réel avec les paysans pour éviter les problèmes trop fréquents de mortalité des plants, de présence d'illégitimes et d'entretien mal fait, particulièrement la première année.

Toutes ces techniques adaptées au milieu villageois pourraient être transférées au développement par le biais d'un réseau de petites plantations pilotes également réparties dans chaque secteur géographique.

D'autres types d'études devraient être entreprises :

- plus théoriques, comme des études de densité valorisant le kg/saigneur/jour au détriment du kg/ha,
- plus pratiques, comme des études sur la fertilité physique et chimique des sols pour définir des fumures adaptées aux différents sites hévéicoles.

L'identification des problèmes et la coordination des études à mener en terme de "recherche adaptative" ou "recherche développement" devraient, à l'IRCA Côte d'Ivoire, pouvoir être confiées à un agronome senior ayant une bonne connaissance du milieu hévéicole ivoirien.

Enfin, indépendamment des retombées économiques immédiates et attendues, l'étude de l'hévéa en milieu villageois offre des situations extrêmes et contrastées qui permettent au chercheur de mieux connaître, sur le plan fondamental, les réactions de la plante à des conditions marginales.

Discussion

M. Ronland : Quelles raisons interdisent encore de multiplier le clone IRCA 18 en milieu villageois ?

M. Nicolas : C'est la prudence. IRCA 18 présente de bonnes caractéristiques de croissance et les mêmes caractéristiques de production que le PB 235 mais nous ne l'avons testé que pendant 4 ans à grande échelle. Cela nous paraît insuffisant pour le recommander en un milieu villageois compte tenu des caractères secondaires qui pourraient apparaître défavorables par la suite. Laissez-nous encore un peu de temps pour le tester, chez vous en milieu industriel, avant de le proposer aux plantations villageoises.

M. Chataigner : L'IRCA m'a confié la mission de visiter deux jeunes agronomes, l'un en Thaïlande, l'autre en Indonésie.

Je dois d'abord souligner la qualité scientifique de ces jeunes agronomes. Nous sommes actuellement capables, en France, de former des agronomes qui ont une véritable capacité à saisir les réalités du milieu paysan, d'examiner les problèmes agronomiques dans le contexte de l'économie paysanne. Il y a une nécessité à bien établir les relations entre les observations des expérimentations agronomiques et les conditions économiques de cette production. Par exemple, la Côte d'Ivoire traverse une crise particulièrement profonde du fait de la modification radicale des rapports de prix (café et cacao notamment) qui va avoir des conséquences que nous mesurons mal encore sur le mode d'exploitation paysan. Si nous n'avons pas la capacité d'analyse

de cette évolution nous risquons d'avoir des désenchantements sur les projets que nous pourrions faire pour les plantations villageoises.

L'évolution générale des politiques agricoles des pays en développement met l'économie paysanne au coeur de ses préoccupations.

Je souhaite qu'au sein de l'IRCA un petit groupe de réflexion s'interroge sur la manière d'articuler les recherches en économie paysanne par rapport à ses préoccupations et ses excellentes compétences en technologie de production.

M. D'Auzac : Il est prévu que l'IRCA, grâce à la compréhension du CIRAD, crée un poste d'économiste.

Dans votre rapport vous dites que les deux chercheurs doivent achever leur travail par la rédaction d'une thèse, c'est la seule façon de conserver la somme de résultats acquis. Vous dites aussi qu'en Thaïlande nous sommes en train "d'expérimenter l'expérimentation en plantation villageoise" ce qui jusqu'à présent me faisait personnellement un peu peur.

VALEURS DE REFERENCES CLONALES DE CROISSANCE ET DE PRODUCTION EN COTE D'IVOIRE

I. Commère

Le but de cette étude est de fournir des valeurs de références clonales de croissance et de production, à partir des résultats obtenus en Côte d'Ivoire sur un certain nombre d'essais suivis par l'IRCA.

Les clones retenus pour cette étude sont : GT 1, PB 235, PB 217, RRIM 600, AVROS 2037 et PR 261. Les données de croissance ont été obtenues à partir des mesures de circonférence réalisées dans la période immature sur 12 champs de comportement répartis dans différentes régions de Côte d'Ivoire et des champs de clones suivis en station ou en plantation industrielle dans le sud (ouest et est) du pays (tabl.2).

Tableau 2 : Essais pour détermination des valeurs de croissance.

Clones	Champs de comportement	Champs de clones			Total
		Sud-ouest Plant. indus.	Sud-est Plant. indus.	Station	
GT 1	12 (*)	2	1	1	16
PB 235	12	1	1	2	16
PB 217	12	2		2	16
RRIM 600	12	2	1	2	17
AVR 2037	12	2		1	15
PR 261		1	1	1	3

* · Agboville, Divo, Gagnoa, Issia, Soubre, Tiassale, Adzope, Arrah, Danane, Man, Niegre, Toulepleu.

Les valeurs de production (tabl.3) sont obtenues sur des arbres exploités en 1/2 S d/3 6d/7 stimulés dans des expériences Exploitation et Amélioration dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire pendant 8 années après l'ouverture à une hauteur de 1,20 m.

Tableau 3 : Essais pour détermination des valeurs de production.

Clones	Sud-ouest	Sud-est		Total
		Plant. indus.	Station	
GT 1	3	2	3	8
PB 235	3		5	8
PB 217	2		3	5
RRIM 600	1		2	3
AVR 2037	1		2	3
PR 261	2		2	4

Résultats et Discussion

a.- Valeurs de références clonales de croissance (tabl.4)

Deux groupes de clones sont observés suivant leur croissance:

- PB 235 et Avros 2037 qui peuvent être mis en saignée entre 4 ans et demi et 5 ans.
- PB 217, GT 1, RRIM 600 et PR 261 ouvrables entre 5 ans et demi et 6 ans.

Les coefficients de variation indiquent l'écart relatif des valeurs moyennes suivant la répartition des parcelles. Les écarts, relativement élevés dans le jeune âge (25 %), sont réduits à l'approche de la mise en saignée (7%).

Les valeurs de PR261, obtenues avec un faible nombre d'essais en condition très favorables à l'hévéaculture semblent favoriser ce clone dans le jeune âge, mais correspondent à la réalité à la mise en saignée.

Tableau 4 : Valeurs de références clonales de croissance (cm).

Années Clones		1	2	3	4	5	6
GT 1	moy.	5,8	12,0	20,6	30,6	40,4	44,5
	CV %	23,3	18,0	11,4	9,0	5,5	6,7
PB 235		6,2	11,7	22,7	35,1	48,2	51,5
		24,4	33,7	16,9	12,9	11,1	8,4
PB 217		6,3	11,1	20,8	31,2	41,9	44,3
		24,6	33,3	16,1	12,5	8,1	8,8
RRIM 600		6,5	11,7	21,6	31,9	40,5	43,7
		26,1	28,9	9,5	8,0	8,1	9,4
AVROS 2037		6,4	12,5	23,7	35,8	47,8	52,0
		24,7	32,0	12,3	10,0	1,9	3,7
PR 261		9,6	13,2	22,8	33,3	41,3	
		7,9	18,2	11,9	13,0	9,3	

b.- Valeurs de références clonales de production (tabl.5)

Deux périodes ont été séparées durant l'exploitation afin de réduire la variation due à la montée en production : les deux premières années d'exploitation (S1,S2) et les années suivantes (S3 à S8) qui ne concernent que l'exploitation du panneau bas.

Tableau 5 : Valeurs de références clonales de production.
(1/2 S. d/3 6d/7. ET) g/a/an

Années Clones		S1, S2	S3 à S8	S1 à S8
GT 1	moyenne	3315	5269	4786
	intervalle de	2743	4136	3354
	confiance	3887	6402	6218
PB 235	moyenne	3981	5388	4951
	intervalle de	3201	3908	3494
	confiance	4761	6868	6408
PB 217	moyenne	3230	6006	5498
	intervalle de	2598	4995	3915
	confiance	3862	7017	7081
RRIM 600	moyenne	5236	5916	5579
	intervalle de	3851	4788	4334
	confiance	6621	7044	6824
AV 2037	moyenne	2728	4773	4146
	intervalle de	2061	3285	2547
	confiance	3395	6261	5745
PR 261	moyenne	2339	4431	3986
	intervalle de	1521	3619	2725
	confiance	3157	5243	5245

La moyenne des variations est de 23,7 % pour les 2 premières années de saignée et de 22,4 % pour les années suivantes.

En dehors des valeurs de RRIM 600 et d'AVROS 2037, établies avec un faible nombre de parcelles qu'il convient de confirmer, la hiérarchie de la production dans le jeune âge se définit de la façon suivante :

1. PB 235 et RRIM 600
2. GT 1 et PB 217
3. AVROS 2037 et PR 261

En phase de production stabilisée, de la troisième à la huitième année de saignée, PB 217, de par sa montée en production constante, dépasse PB 235 dont la production a tendance à chûter avec la diminution de hauteur de l'encoche. GT 1 précède ensuite AVROS 2037 et PR 261.

A titre indicatif, voici les comparaisons de production obtenues dans les essais d'exploitation suivant la fréquence de saignée (tabl.6).

Tableau 6 : Comparaison de production suivant la fréquence de saignée.

Fréquence	d/2	d/3	d/4	d/6
GT 1		100	93	85
PB 235	115	100	99	87
PB 217	76	100	92	78
PR 261	71	100	91	72

Discussion

M. Sébillotte : Vous craignez les expérimentations en milieu villageois et vous buttez sur les coefficients de variation. Un arbre peut se juger par des mesures de circonférence, des quantités de latex mais qu'est-ce qui est à l'origine de ces productions ? Dans le fichier parcelles qui est envisagé, il y aura un frein qu'on ne pourra dépasser qu'en multipliant les lieux d'impacts. Il y a deux façons de faire des références: une traditionnelle, qui étudie une valeur moyenne sur des milliers de situations sans jamais se préoccuper de la variabilité, et une plus rationnelle et plus adaptée aux restrictions et qui est d'essayer d'expliquer.

M. Commère : On a pris, notamment pour les croissances, des situations extrêmes dans les champs de comportement; avec l'arrivée du fichier clones on pourra faire rentrer sur un logiciel les données de sol, de climat, de croissance, de production et on aura un outil d'analyse qui sera ultraperformant.

M. D'Auzac : Ces champs de comportement ont été placés volontairement en conditions marginales cela augmente donc les écarts déjà constatés.

**LUTTE CONTRE LES MALADIES DE FEUILLES : DÉFOLIATION
ARTIFICIELLE À HEVECAM (PLANTATION DE LA NYÉTÉ).**

E. Gohet

L'Anthracnose des feuilles d'hévéa, maladie fongique due à Colletotrichum gloeosporioides Penz., sévit dans de nombreux pays d'Asie et d'Afrique.

Sur le continent africain, cette maladie constitue un problème phytosanitaire majeur dans les zones hévéicoles de la ceinture équatoriale, à savoir :

- Le sud du Cameroun (HEVECAM).
- Le Gabon (HEVEGAB, AGROGABON).

1. Historique de l'apparition des maladies de feuilles et de leur développement à HEVECAM.

L'Anthracnose est apparue en 1980 sur le site de Nyété. Les dommages les plus importants ont été observés en 1981, 1982 et 1984, sur la plus grande partie des surfaces plantées de clones sensibles : GT1, PR 107, PB 86, PB 217, PR 261, RRIM 600 et, à un degré moindre toutefois, AVROS 2037. Ces clones représentent 85 % des surfaces plantées à HEVECAM.

Seuls 15 % des surfaces, plantées de PB 235 et PB 260, n'ont été que peu affectés par l'Anthracnose, ces deux clones présentant respectivement des caractères de tolérance et de résistance à la maladie.

Outre l'Anthracnose, la plantation de Nyété est touchée, depuis Mars 1989, par une autre maladie de feuilles, due à Corynespora cassiicola (Berk. & Curt.) Wei. Ce parasite s'est installé sur le clone PB 260, causant des défoliations de l'ordre de 50 %.

Ceci est d'autant plus regrettable que le PB 260 était jusqu'ici le seul clone véritablement résistant au Colletotrichum parmi ceux plantés industriellement à HEVECAM et qu'il paraissait très prometteur sur le plan de la production.

2. Conditions d'apparition, dommages et incidence physiologique des maladies de feuilles.

D'après les premières observations relatives aux attaques de Corynespora, les deux maladies semblent s'installer dans les mêmes conditions éco-climatiques, à savoir, lorsqu'il y a coïncidence de la reprise des pluies, après une saison sèche marquée, avec la refoliation naturelle.

Les pluies provoquent un abaissement des températures moyennes, un accroissement du nombre d'heures où l'humidité

relative avoisine 100 %, ainsi que la présence d'eau liquide sur les feuilles. Elles créent ainsi les conditions optimales du développement fongique.

La réunion de ces conditions particulières, la présence de l'inoculum et l'apparition des stades foliaires sensibles, c'est à dire de jeunes feuilles sans cuticule différenciée, permet le déclenchement des attaques.

Il s'ensuit, suivant le stade foliaire touché :

- des défoliations massives et successives, pouvant conduire à des symptômes de "die-back".
- l'apparition de lésions foliaires, entraînant des déformations importantes des limbes et nuisant à l'efficacité photosynthétique.

On observe parallèlement différents troubles physiologiques, tels que : (Tableau 7).

- le ralentissement de la croissance.
- des modifications quant à la composition minérale des feuilles, notamment en ce qui concerne les teneurs en potassium et calcium.

Le tableau 7 illustre ces répercussions de l'Anthracnose sur l'état physiologique. Il détaille les corrélations observées en 1989, sur des GT1 de cinq ans, entre :

- d'une part, l'intensité moyenne de maladie 1988-1989 et l'accroissement en circonférence 1988-1989,
- d'autre part, l'intensité de maladie en 1989 et les taux foliaires de potassium et calcium de cette même année.

De tels résultats sont enregistrés tous les ans depuis 1985, année où les intensités de maladie ont pu être quantifiées pour la première fois.

L'augmentation des taux de calcium foliaire avec l'intensité de maladie semble traduire une sénescence prématurée des feuilles attaquées, d'où la notion de "vieillissement physiologique prématuré".

La diminution des taux de potassium foliaire avec l'intensité de maladie laisse supposer un effet dépressif de celle-ci sur les potentialités de l'arbre à assimiler le potassium du sol.

Nous soutenons d'autant plus cette hypothèse que, sur les essais de fertilisation conduits à HEVECAM, une fumure potassique n'a jamais eu d'effet sur la sensibilité d'un arbre au Colletotrichum, bien que l'on observe alors des taux de potassium foliaire supérieurs.

3. Stratégie de lutte contre le Colletotrichum à HEVECAM. Principe de la défoliation artificielle anticipée.

La lutte fongicide a, bien entendu, été la première envisagée pour résoudre le problème posé à HEVECAM par le Colletotrichum. De nombreux screenings ont été effectués et ont notamment révélé l'efficacité de fongicides de contact, tels que le chlorothalonil, le captafol, le mancozèbe et l'anilazine.

Tableau 7

Corrélations existant entre :

INTENSITE D'ANTHRACNOSE (NF 88-89 NF 89)

CROISSANCE (Δ cm 89 et Δ % 89)TENEURS FOLIAIRES EN POTASSIUM (K^+ 89) ET CALCIUM (Ca^{2+} 89)

- Source :

Fichier monitor hevecam. GT1 1984. Sacs Greffés 9 Parcelles.

	Δ cm	Δ %	K^+	Ca^{2+}
NF 88-89	-0,947 **	-0,922 **	-0,825 **	+ 0,715 *
NF 89	-0,850 **	-0,924 **	-0,837 **	+ 0,597

* * Signification a 1% ($r \geq 0,798$)* Signification a 5% ($r \geq 0,666$)

Tableau 8

LIMITATIONS DU TRAITEMENT FONGICIDE
TRAITEMENT AERIEN SUR CULTURES ADULTES

- FONGICIDES DE CONTACT : REMANENCE FAIBLE

- CROISSANCE RAPIDE DES FEUILLES

⇒ TRAITEMENT TOUS LES 7 JOURS PENDANT 1 MOIS

- RENDEMENT DE L'APPAREIL DE TRAITEMENT : 100 HA/J

⇒ SURFACE MAXIMALE TRAITABLE PAR APPAREIL : 700 HA

- RISQUES DE LESSIVAGE IMPORTANTS (SAISON DES PLUIES)

⇒ SURFACE REELLEMENT TRAITABLE PAR APPAREIL : < 700 HA

⇒ UTILISATION EN TRAITEMENT D'APPOINT EXCLUSIVEMENT.

Cette lutte fongicide reste la seule utilisée dans le cas des traitements au sol : traitement des pépinières, des jardins à bois et des jeunes cultures. Elle est par contre pratiquement inutilisable en traitement aérien des cultures adultes, de par son coût élevé et la limitation des surfaces pouvant être traitées. (Tableau 8).

Les cultures adultes doivent en effet être protégées durant tout leur cycle de refoliation, ceci jusqu'à l'apparition des stades foliaires cuticulés (stade D).

Compte-tenu de la forte vitesse de croissance des feuilles pendant cette période et de la faible rémanence des produits utilisables, les mêmes surfaces doivent être traitées toutes les semaines pendant environ un mois.

Sur la base d'un rendement moyen de 100 hectares par jour, la surface maximale pouvant être traitée par un appareil, qu'il s'agisse d'un hélicoptère ou d'un avion, est donc de 700 hectares, auxquels il convient de retrancher les surfaces lessivées par les pluies. Ce risque de lessivage est important, puisque le traitement fongicide s'opère en saison des pluies.

On conçoit donc l'impossibilité d'envisager un traitement industriel sur ces bases autrement qu'en technique d'appoint : HEVECAM est un projet de 15000 hectares, dont 13000 sont potentiellement sensibles au *Colletotrichum*. Si l'on y ajoute désormais le *Corynespora*, la totalité de la surface du projet est susceptible d'être attaquée.

HEVECAM, avec le concours de l'IRCA, s'est donc orienté dès 1984 vers une autre stratégie de lutte : Si le problème provient exclusivement de la simultanéité entre reprise massive des pluies et refoliation, comment obtenir une refoliation anticipée en saison sèche ?

Ceci a été permis par la technique de défoliation artificielle anticipée.

Dans les conditions de Nyété, le traitement défoliant est effectué par voie aérienne en janvier de chaque année. Il permet d'obtenir une refoliation complète avant la mi-Mars, date de reprise des pluies. Les feuilles sont alors suffisamment âgées pour résister à l'attaque fongique ce qui interdit toute défoliation massive. Seul le risque de formation de lésions foliaires demeure. Encore est-il grandement minimisé par rapport aux conditions de refoliation des zones non traitées.

Par rapport au traitement fongicide, le traitement défoliant présente les avantages techniques suivants :

- Une seule application est nécessaire.
La pulvérisation se fait en saison sèche, ce qui a pour conséquences :
 - d'augmenter le rendement de l'appareil de traitement (180 hectares par jour).
 - de limiter considérablement les risques de lessivage.
- En quatre semaines, un même appareil peut ainsi traiter une surface de 5000 hectares environ.

Depuis 1985, les surfaces défoliées artificiellement à HEVECAM ont été les suivantes :

- 1985 2660 hectares (Un avion).
- 1986 6620 hectares (Deux avions).
- 1987 4750 hectares (Un hélicoptère, deux avions).
- 1988 2700 hectares (Un avion).
- 1989 1710 hectares (Un hélicoptère).
- 1990 1830 hectares (Un hélicoptère).

On observe une forte diminution de l'intensité des attaques d'Anthracnose depuis 1985, année des premiers traitements industriels. La mise en oeuvre à grande échelle de la défoliation artificielle a certainement contribué pour une grande part à cette amélioration globale de l'état sanitaire de la plantation. Elle n'en est néanmoins probablement pas la seule responsable. On observe en effet une légère augmentation de la précocité de refoliation après la mise en saignée, qui permet aux cultures d'esquiver au moins en partie la maladie.

Aussi, depuis 1988, la stratégie de lutte est-elle la suivante :

- Défoliation, en traitement préventif, des cultures entrant en saignée dans l'année, de façon à leur assurer un feuillage satisfaisant et ne pas compromettre leur potentiel de production futur.

- Défoliation, en traitement curatif, des cultures très malades l'année précédente. A titre d'exemple, les PB 260 atteints par C. cassiicola en 1989 ont été défoliés en janvier dernier. Leur feuillage est actuellement tout à fait sain.

4. Technique de défoliation : Les acquis. (Tableau 9) .

Les expérimentations menées depuis 1985 montrent que le meilleur rapport coût/efficacité est obtenu par pulvérisation aqueuse d'Ethrel 480 (éthéphon), à raison de 2,25 litres par hectare, dans un volume épandu de 40 litres par hectare, soit à une concentration de 5,625 %.

Afin d'augmenter l'efficacité défoliante, un adjuvant (CA 844 de CFPI) est ajouté à la bouillie, à raison de 12 millilitres par hectare (0,03 %). Son effet est d'augmenter légèrement la taille des gouttelettes, d'accélérer leur chute dans le feuillage et de diminuer d'autant les pertes de produit par évaporation.

Toute diminution de la concentration d'Ethrel en dessous des 5,625 % se traduit par une baisse significative de l'efficacité.

Le volume de bouillie par hectare est également limitant : Une diminution du volume épandu en dessous de 40 litres par hectare, ne permet pas, même à concentration d'Ethrel supérieure, d'obtenir la même efficacité défoliante que le traitement standard, ceci vraisemblablement du fait d'un mouillage insuffisant du feuillage.

Tableau 9

MODALITES TECHNIQUES DU TRAITEMENT DEFOLIANT A HEVECAM
--

- PULVERISATION AQUEUSE PAR VOIE AERIENNE
- RAMPE DE BUSES D8 OU D6-45 CONE CREUX
- VOLUME/HECTARE : 40 L/HA
- 2,25L ETHREL 480 /HA SOIT UNE CONCENTRATION DE 5,625% PC
- 12 ML CA 844/HA ("ALOURDISSEUR")
- AVION OU HELICOPTERE SUIVANT ZONES A TRAITER

BAISSE DE L'EFFICACITE SI :

- DIMINUTION DE LA CONCENTRATION
- DIMINUTION DU VOLUME/HA INDEPENDAMMENT DE LA CONCENTRATION

Tableau 10

EFFETS DU TRAITEMENT DEFOLIANT SUR LA MALADIE
(ANNEE 1989)

CONSEQUENCES SUR

- LA CROISSANCE
- LES TENEURS FOLIAIRES EN POTASSIUM ET CALCIUM

SOURCE: - FICHER MONITOR HEVECAM G T₁ CULTURES 1982

- ANNEE 1989
- 6 PARCELLES DEFOLIEES
- 6 PARCELLES TEMOINS
- RANDOMISATION

		PARCELLES DEFOLIEES (6)	PARCELLES TEMOINS (6)	SIGNIFICATION STATISTIQUE
INTENSITE DE MALADIE	DENSITE FOLIAIRE	4,64	4,36	1%
	LESIONS	1,31	2,72	1%
	NOTE FINALE	9,28	13,01	1%
ACCROISSEMENT (CM)		6,0	4,3	1%
MINERAUX	K ⁺	1,11	1,06	NS
	Ca ²⁺	0,89	0,96	NS

Figure 3 : Les buses de traitement sur avion

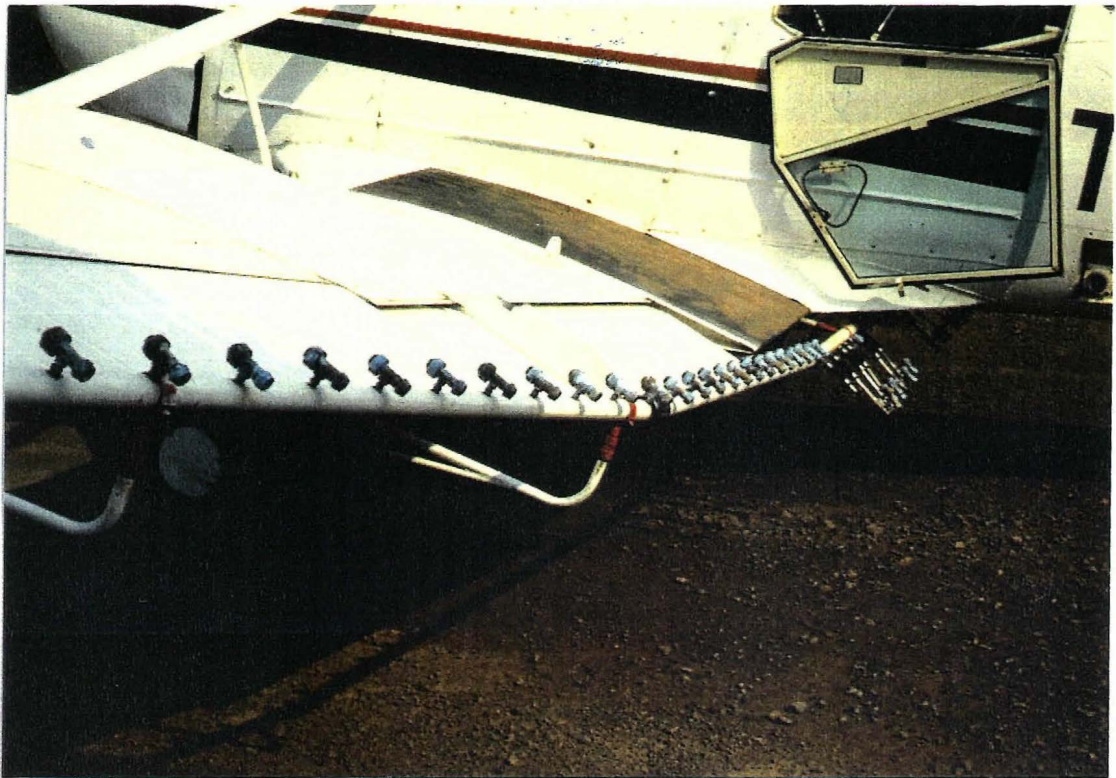


Figure 4 : Les buses de traitement sur hélicoptère

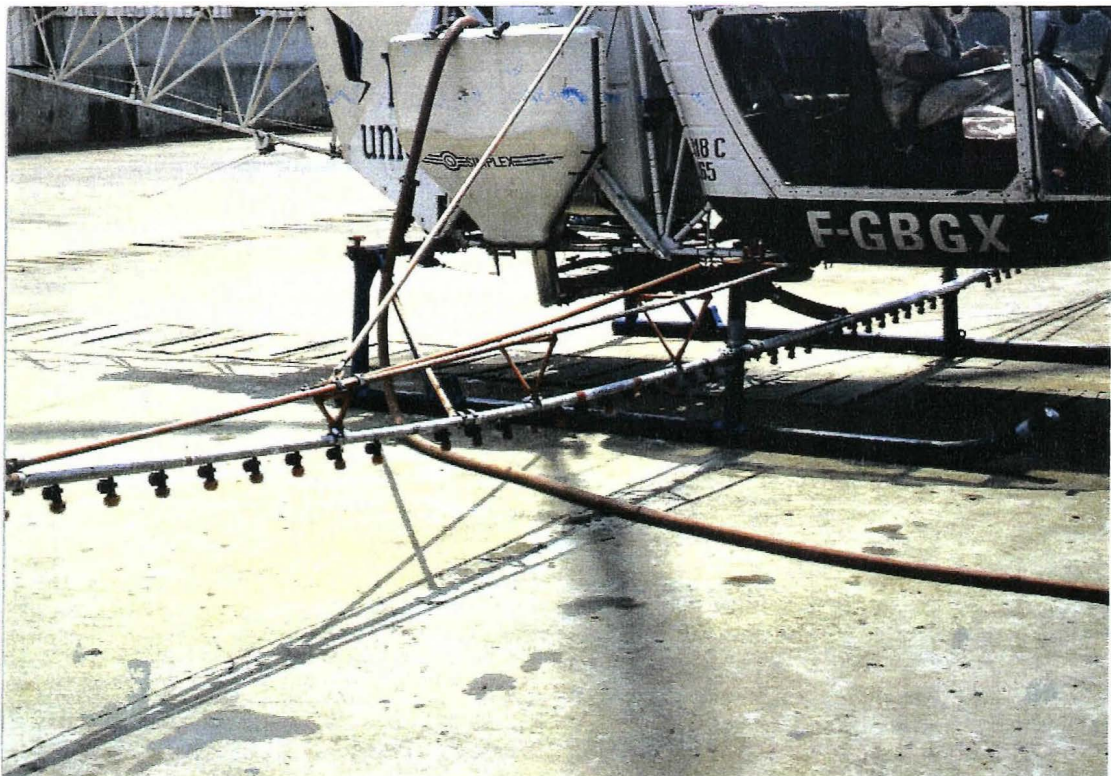


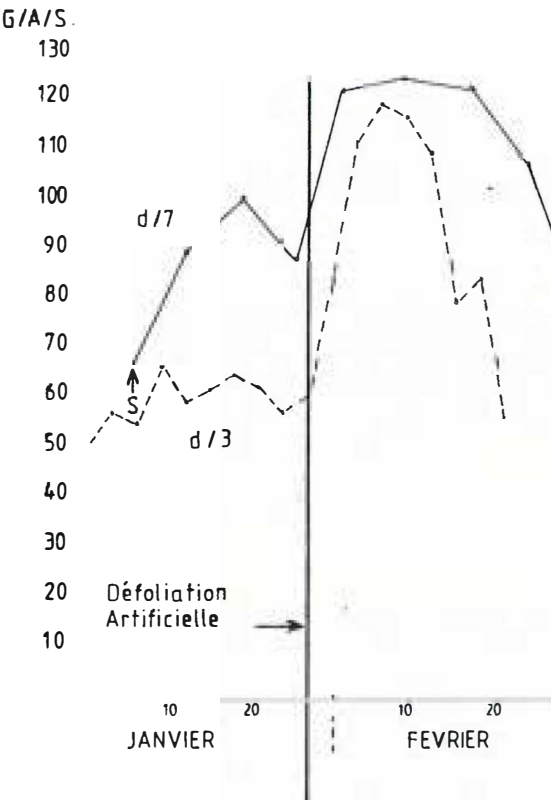
Figure 5 : Parcelles défoliées et saines



Figure 6

EFFET DU TRAITEMENT DEFOLIANT SUR
LE G/A/S

- GT1 1975. TRAITEMENT DE JANVIER 1985.
(3l ETHREL / HA)



	G/A/S	G/A/S
	Avant Traitement	Après Traitement
d/3 :	61	120 (+97%)
d/7 :	89	125 (+40%)

Le choix de l'appareil de traitement (avion ou hélicoptère) doit être fait en fonction de la morphologie et de l'accessibilité des zones à traiter, mais également de la distance entre celles-ci et la piste d'atterrissage la plus proche.

L'avion doit nécessairement être ravitaillé en produit sur la piste d'atterrissage. Il est très adapté pour le traitement en longs passages, du fait de sa grande autonomie en produit et de sa vitesse de traitement (fig. 3).

L'hélicoptère doit être réservé, du fait de son coût plus élevé, au traitement des zones difficiles, relativement inaccessibles ou vallonnées, ou très éloignées de la piste d'atterrissage. Il peut en effet être très facilement ravitaillé en produit à proximité des zones à traiter (fig. 4). Sa faible autonomie en produit et sa vitesse inférieure à celle d'un avion le rendent inadapté sur de longs passages.

5. Effets du traitement sur l'état sanitaire et physiologique des plantations.

(Tableau 10, fig. 5)

Le tableau 10 résume l'effet du traitement défoliant de janvier 1989 sur l'intensité de maladie des cultures 1982 (GT1) : le meilleur état sanitaire des parcelles défoliées se traduit par

- une croissance supérieure à celle des témoins.
- des teneurs de potassium foliaire et de calcium foliaire respectivement supérieures et inférieures à celles des témoins.

6. Effets du traitement sur la production.(fig. 6).

Dans le cas de cultures en saignée, la défoliation artificielle à l'Ethrel permet d'augmenter très significativement le niveau de production des saignées consécutives au traitement. Cet effet stimulant est sensible, quel que soit le système d'exploitation, sur les trois semaines suivant le traitement, lesquelles correspondent à la période de défoliation des arbres traités.

L'intensité de cet effet apparaît d'autant plus importante que la fréquence de saignée est intensive : l'action du traitement sur le g/a/s est supérieure sur un d/3 que sur un d/7. Ceci se traduit par le resserrement du g/a/s autour d'une valeur maximale correspondant, selon nous, au potentiel maximal de production de l'arbre sollicité, à cette date, par un choc physiologique.

Dans le cas de cultures immatures, l'amélioration de l'état sanitaire se traduit par une meilleure croissance, ce qui a des répercussions sensibles sur le niveau de production ultérieur, ne serait-ce que par une mise en saignée plus précoce ou une circonférence supérieure à l'ouverture.

L'influence directe des maladies de feuilles sur la production à plus long terme est beaucoup plus délicate à évaluer. Même si des différences de niveaux de production ont

parfois pu être signalées entre zones saines et zones malades, l'attribution de ces différences au seul effet de la maladie est délicate, dans la mesure où d'autres facteurs sont susceptibles d'interférer, notamment l'effet sol.

Ceci est encore moins aisé depuis 1986, puisque nous observons de moins en moins d'attaques, même sur zones témoins. L'absence de parcelles très attaquées sur plusieurs années consécutives nous interdit donc toute conclusion chiffrée définitive à cet égard.

7. Acquis et incertitudes sur l'intérêt du traitement défoliant.

Les comportements clonaux sont primordiaux : le traitement défoliant est très efficace sur les clones GT1, PR 107, PB 86 et RRIM 600. Ses effets sont beaucoup moins sensibles sur AV 2037, PR 261 et PB 217. Sur ces clones, le traitement, s'il permet d'avancer la défoliation, n'a guère d'effet significatif sur la précocité de refoliation.

Les arbres doivent avoir un cycle annuel de défoliation et de refoliation bien établi. Ce point primordial a jusqu'ici empêché la transposition dans l'état de cette méthode de lutte sur les plantations du Gabon. Dans les conditions de Nyété, ce cycle est établi entre la cinquième et la sixième année suivant la plantation.

L'efficacité du traitement est fonction de l'état sanitaire et physiologique de l'arbre lors du traitement. Il est ainsi plus facile de défolier, à une même date :

- des cultures malades que des cultures saines.
- des cultures en saignée que des jeunes cultures, à état sanitaire équivalent.

On retrouve ici la notion d'"âge physiologique" du feuillage : un âge physiologique avancé permet, grâce à une meilleure réceptivité à l'action éthylénique, une meilleure réponse au traitement.

A état sanitaire équivalent, la défoliation artificielle est d'autant plus rapide que l'on se rapproche de la date de défoliation naturelle. Dans ce cas, le gain en précocité de refoliation est sensiblement réduit.

L'efficacité du traitement défoliant repose donc sur le compromis suivant : Il faut déterminer, en fonction de l'état physiologique du feuillage, la date optimale de traitement permettant :

- d'une part la meilleure défoliation (La chute d'au moins 90 % du feuillage est nécessaire pour induire le début de refoliation).
- d'autre part la refoliation la plus précoce, permettant aux arbres d'esquiver les attaques.

Cette date optimale de traitement est actuellement difficile à définir a priori, faute de pouvoir encore prévoir à l'avance les dates probables de début de défoliation naturelle.

Le seul indicateur actuellement à notre portée est l'apparition des premiers signes de défoliation sur les clones les plus précoces à défolier, le plus souvent des clones sud-américains (IAN, MDF, RO, AC).

Ces défoliations ne commencent malheureusement qu'en janvier, et ne donnent pas un recul suffisant permettant de fixer à temps la date optimale de traitement.

Le suivi des taux de calcium foliaire au cours de l'année permettrait peut-être de pouvoir estimer plus précocement, par projection, les dates approximatives de début de défoliation.

Suite à toutes ces considérations, il convient de ne pas oublier que le traitement défoliant est, dans tous les cas, un traitement préventif. Pour que son effet soit réellement significatif, il faut que les conditions éco-climatiques propices à l'attaque soient réunies sur les zones non traitées, ce qui n'est pas toujours le cas. L'utilité réelle du traitement se trouve ainsi parfois démentie a posteriori.

De plus, il faut garder à l'esprit, même si ceci n'a encore jamais été observé à HEVECAM, qu'un simple bouleversement des conditions climatiques, notamment une reprise précoce des pluies pendant la refoliation des parcelles défoliées, serait à même de remettre totalement en cause son efficacité.

Discussion

M. d'Auzac : Je voudrai remercier HEVECAM de nous avoir permis de présenter ces travaux.

M. Rouland : Quel est le point de la situation au Gabon ?

M. Genet : On a vu que la date de défoliation était très importante. Or au Gabon la défoliation et la refoliation sont simultanées, il n'y a pas de date marquée.

Quand appliquer cette défoliation ?

On a cru qu'une défoliation décalée (au moment de la saison sèche) pourrait apporter une réponse; le résultat a été à l'inverse: chute des feuilles et refoliation très étalée dans le temps. On travaille maintenant sur une date qui se rapproche de celle de la défoliation normale (décembre-janvier).

M. Gohet : En fonction des conditions climatiques de l'année on a des fluctuations importantes ; cette année il y a eu un retard de défoliation de 1 mois par rapport aux conditions standards.

M. P. de Vernou : Au Gabon on peut distinguer deux zones : Bitam qui se rapproche des conditions du Cameroun (défoliation en janvier-février) et Mitzi qui se rapproche de l'équateur.

M. Rémy : M. Gohet pourrait-il nous expliquer les perspectives de lutte contre le *Corynespora* par la technique de défoliation ?

M. Gohet : Depuis 1989 nous avons observé des attaques graves de *Corynespora*. Ce clone a été intégralement défolié en 1990. A la mi-mars on constatait un meilleur état du feuillage par rapport à l'année dernière. Mais avec cette maladie le traitement doit être parfait: tous les arbres qui ont défolié-refolié rapidement sont sains ; les arbres immédiatement voisins qui ont conservé (après traitement) un feuillage un peu trop fourni pour que la refoliation s'enclanche, sont actuellement malades. La marge de manoeuvre avec le *Corynespora* est plus faible qu'avec le *Colletotrichum*.

Dans le cas d'une introduction intempestive du *Microcyclus ulei* la technique de défoliation artificielle, dans les conditions de la Niété au moins, pourrait être employée.

M. G. de Vernou : Quel en est le prix de revient ?

M. Gohet : Il faut compter 14 000-15 000 F/ha pour l'ethrel ; la location de l'appareil de traitement coûte 2700 F/ha pour un avion et 4500-5000 F/ha pour un hélicoptère. Le choix de l'appareil dépend de la morphologie des parcelles à traiter. En plaine on a intérêt à utiliser un avion, dans les zones vallonnées ou chahutées on est dans l'obligation de choisir l'hélicoptère

M. G. de Vernou : Le gain de production couvre-t'il les frais ?

M. Gohet : Cela dépend des systèmes de saignée: sur un d/3 cela est possible, sur un d/7 c'est plus juste.

M. Rémy : Si on ne défolie pas et qu'on se trouve comme HEVECAM en 1982 avec 60 % des feuilles à terre on n'hésite pas.

M. de Padirac : L'IRCA est le seul Institut au monde à avoir préconisé cette méthode de défoliation artificielle. Nous en avons fait état au sein du conseil international de la recherche et du développement du caoutchouc (IRRDB), l'ensemble des instituts est très vivement intéressé. Dans le cas du *Microcyclus ulei* des expériences de ce type vont être entreprises prochainement.

M. Rémy : Je voudrai signaler que si l'IRCA est à la pointe du progrès dans ce domaine il a fallu pour y parvenir faire violence à l'IRCA. La première année où l'on a voulu traiter plus de 100 hectares le fournisseur d'ethrel à la demande de l'IRCA refusait de nous livrer le produit.

M. Genet : HEVECAM a effectivement poussé l'IRCA à appliquer ces traitements sur des surfaces importantes.

M. X : Avez-vous fait des défoliations artificielles à partir du sol.

M. Gohet : Les essais à partir du sol à HEVECAM se sont arrêtés en 1986 et n'ont concerné pour les derniers que des traitements fongicides: fogging et thermonébulisation.

M. Polton : Y a-t'il eu une amorce de réflexion sur la spécificité clonale en zone équatoriale ? Est-ce que le PB 260 est condamné dans cette zone ?

M. Gohet : Dans les conditions d'HEVECAM avec la défoliation artificielle on arrivera à maintenir un feuillage satisfaisant à 80 %. Là où cette technique est inapplicable l'introduction de ce clone doit être revue.

M. Nicolas : A HEVECAM et à la plantation de N'Kolong on a constitué une collection de clones très riche. Il faut insister sur la nécessité de faire des champs comparatifs à grande échelle.

M. Omont : Au Brésil il y a eu des travaux sur les traitements aériens contre le *Microcyclus ulei* et il n'y a toujours rien de probant qui ait pu être mis en évidence.

**AGRONOMIE-BIOLOGIE MOLECULAIRE
ET RECHERCHE EN HEVEACULTURE**

LA BIOLOGIE MOLECULAIRE ET LA RECHERCHE EN HEVEACULTURE.

Y. Dattée

Je voudrai tout d'abord vous remercier de m'avoir invitée à faire cette présentation. Mais je voudrai aussi bien préciser que je ne suis pas biologiste moléculaire, malgré un grand intérêt que j'ai pour cette discipline, et je voudrai aussi m'excuser auprès de mes collègues biologistes moléculaires présents dans cette salle si je fais un certain nombre de raccourcis pour simplifier la présentation et peut-être parce que je ne suis pas spécialiste de cette discipline.

Quelques rappels

L'information génétique des cellules végétales est située dans deux compartiments cellulaires : le noyau et le cytoplasme.

Le support de l'information génétique est la molécule d'ADN : acide désoxyribonucléique.

L'information génétique du noyau est transmise à la descendance par la reproduction sexuée biparentale.

Les chromosomes, supports de l'information génétique nucléaire, sont associés par paires.

Au cours d'une division cellulaire particulière : la méiose, aboutissant à la formation des cellules gamétiques, un seul stock chromosomique est maintenu aussi bien dans les cellules gamétiques mâles que dans les cellules gamétiques femelles.

La fusion de ces cellules gamétiques restitue dans la cellule oeuf, à l'origine de la plante, le nombre chromosomique de départ.

Chaque élément d'une paire de chromosomes est donc hérité l'un du père l'autre de la mère.

La situation est différente pour l'information génétique contenue dans le cytoplasme. Chez les végétaux supérieurs on trouve des molécules d'ADN dans les mitochondries et dans les chloroplastes. Dans le cas le plus général, l'information génétique contenue dans le cytoplasme est transmise par un seul des deux parents, le plus souvent le parent maternel.

Le généticien a depuis longtemps accès et utilise la variabilité génétique. Jusqu'à ces dernières années l'accès était cependant réservé à l'expression observable d'unités fonctionnelles portées par les chromosomes qui sont les gènes.

LES PROGRES APPORTES PAR LA BIOLOGIE MOLECULAIRE

L'essentiel du progrès apporté par la biologie moléculaire est de rendre accessible le support de l'information génétique lui-même et non seulement ses produits.

Les connaissances sont loin d'être toutes acquises. On vit actuellement une période fantastique de découvertes qui auront des retombées très importantes sur la production végétale. Les applications que l'on entrevoit aujourd'hui ne sont qu'un petit morceau d'un grand iceberg dont la partie immergée nous échappe encore.

Les progrès que nous pouvons faire et espérer proviennent essentiellement de deux types d'acquis scientifiques :

la démarche expérimentale et déductive qui permet de comprendre l'organisation et le fonctionnement d'un gène;

la technologie d'étude de l'ADN.

Dans les molécules d'ADN sont incorporées des bases puriques et pyrimidiques dont l'arrangement constitue un code : le code génétique.

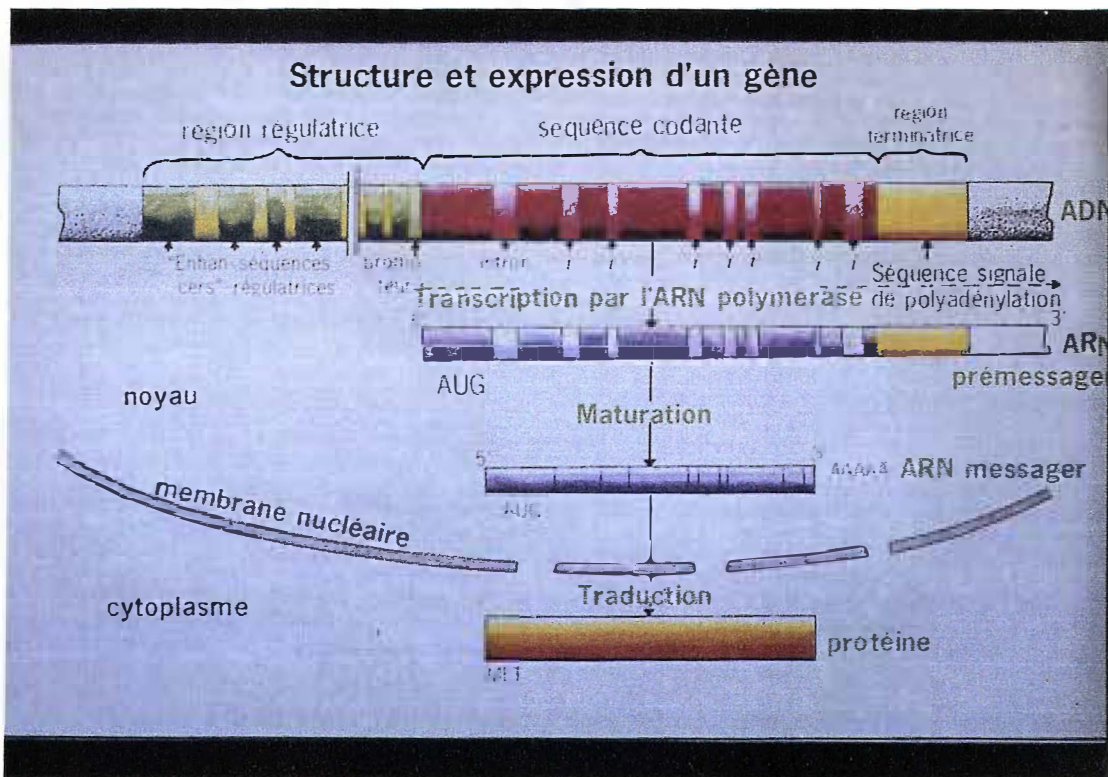
Très schématiquement, à une succession de 3 bases correspond un acide aminé. Les protéines sont elles-mêmes composées d'un assemblage d'un grand nombre d'acides aminés et il existe une machinerie cellulaire qui permet de traduire les successions de codons de l'ADN en protéines (fig. 7).

Le code génétique inscrit dans l'ADN nucléaire est transcrit en ARN (acide ribonucléique) dit ARN messenger qui franchit la membrane du noyau après avoir subi quelques modifications dont on ne connaît pas encore toutes les significations. Cet ARN fournit le message permettant de constituer la protéine.

Il existe dans le génome nucléaire des espèces végétales des régions dites "codantes" dont on comprend assez bien les fonctions. Il existe aussi des régions non codantes. Une grande part du rôle de ces régions non codantes reste encore à découvrir.

Figure 7

Schéma de la structure et de l'expression d'un gène



(photo INRA)

Il est possible actuellement de réaliser la traduction du message génétique dans les deux sens. En particulier on peut piéger les ARN messagers, isoler ceux qui sont produits en grande quantité dans certaines catégories de cellules et, par des systèmes de transcription, synthétiser la molécule d'ADN correspondante, ou bien synthétiser *in vitro* la protéine pour laquelle il code.

A partir du produit d'un gène on revient donc presque exactement au gène lui-même et on fait ce qu'on appelle des c -DNA ou ADN-copie.

Des techniques moléculaires permettent alors, après avoir incorporé des éléments radioactifs dans cette molécule synthétisée, de procéder à la localisation du gène sur le chromosome par hybridation *in situ*. On visualise donc physiquement la région chromosomique codant pour le produit analysé.

QUELQUES UTILISATIONS POTENTIELLES DE LA BIOLOGIE MOLECULAIRE

Pour décrire quelques utilisations potentielles de la biologie moléculaire, les méthodes peuvent être réparties en deux catégories arbitraires:

- celles qui permettent une analyse descriptive de l'ADN,
- celles qui permettent une analyse fonctionnelle de cet ADN.

a. L'analyse descriptive

Pour l'analyse descriptive on peut extraire et séparer les ADN mitochondriaux, chloroplastiques et nucléaires.

On connaît des enzymes qui coupent les molécules d'ADN à des endroits précis, caractérisés par une séquence de 2, 4, 6 paires de bases. Ce sont des enzymes dits de restriction ; ils sont très précis, ils se trompent rarement.

Une fois la molécule d'ADN coupée par un ou plusieurs enzymes de restriction, il est possible de la faire migrer sur un support dans un champ électrique. Les différents fragments d'ADN migrent d'autant plus vite que leur masse moléculaire est faible.

Il est ensuite possible de visualiser différentes distances de migration. Lorsqu'il s'agit de l'ADN mitochondrial ou chloroplastique les segments d'ADN qui ont migré sont suffisamment peu nombreux pour qu'une simple méthode de révélation de l'ADN (au bromure d'éthidium) permette de visualiser chacune des bandes. On observe alors une sorte d'échelle dont les barreaux sont situés à des distances inégales. La comparaison des clones permet l'étude du polymorphisme.

Pour l'ADN nucléaire, le nombre de fragments obtenus après coupure par les enzymes de restriction sont si nombreux que la coloration de l'ADN révélerait un voile continu. Pour étudier le polymorphisme de la longueur de ces fragments on utilise donc des sondes qui sont des petits segments d'ADN marqués par une radioactivité et qui s'hybrident sur les régions homologues de l'ADN analysé.

On recherche spécifiquement les bandes d'hybridation et la comparaison des génotypes permet l'étude du polymorphisme des fragments de restriction dont parlera D. Nicolas. Dans les cas simples, ces marqueurs constituent des marqueurs génétiques utiles pour le sélectionneur.

Avant de passer de l'analyse descriptive à l'analyse fonctionnelle on peut, rapidement, évoquer ce que les biologistes moléculaires appellent la "marche sur le chromosome". L'objectif est d'isoler un gène d'intérêt agronomique. Un gène dont on connaît les effets au niveau de la plante entière et il s'agit de localiser et d'isoler le support moléculaire. Comme il n'est pas possible

de faire la séquence de longs fragments d'ADN, on cherche à encercler ce gène par des coupures de restriction. Tant que ces coupures sont faites à proximité des régions fonctionnelles le gène reste capable de s'exprimer. Lorsque le gène est coupé à l'intérieur des séquences nécessaires à son expression, il ne s'exprime plus. De proche en proche, on délimite des frontières puis on isole et on analyse la plus petite séquence susceptible de contenir ce gène et, en particulier, on établit la succession des bases qui la composent.

C'est encore une opération très difficile, même si elle peut être sommairement décrite en quelques phrases.

b. La transformation génétique

La transformation génétique est l'opération qui consiste à intégrer un gène étranger, qui peut venir de cellules bactériennes, animales ou végétales, dans le génome nucléaire d'une espèce végétale.

On peut envisager diverses applications de la transformation génétique en amélioration des plantes (tabl.11).

Tableau 11 : Utilisation de la transformation génétique en amélioration des plantes.

<u>TRANSFORMATION GENETIQUE</u>
ET
<u>AMELIORATION DES PLANTES</u>
Modification des protéines de <u>réserve</u> : gènes mutés ou gènes synthétiques
Modification du <u>goût</u> : thaumatococcus
Modification de l' <u>aspect</u> : couleur, texture,
<u>Résistance</u> aux <u>herbicides</u> non sélectifs
<u>Protection</u> contre des <u>insectes</u>
<u>Tolérance</u> à des <u>infections virales</u>

Photo F. Casse-Delbart,

Laboratoire de Biologie cellulaire, INRA Versailles.

On dispose de 2 grandes catégories de méthodes pour transformer les cellules végétales (tabl.12).

Voici ce qu'on peut obtenir à partir de plantes génétiquement transformées (fig 8): à gauche, un plant de tabac a gardé ses feuilles alors qu'il a été soumis à la prédation par des insectes. Dans ce plant on a transféré un gène qui tue l'insecte qui commence à le dévorer. La plante voisine, à droite, qui est complètement défoliée est une plante normale qui n'est pas génétiquement transformée.

Les essais en parcelles de plantes transgéniques sont conduits en France et dans divers pays étrangers. Il s'agit pour l'instant de plantes résistantes à des herbicides, à certains insectes, prochainement à des virus.

Le plus souvent elles exigent d'utiliser la culture *in vitro* pour régénérer des plantes entières. Les difficultés de régénération chez certaines espèces d'intérêt agronomique constituent encore actuellement un obstacle fréquent. La transformation par *Agrobacterium*, que ce soit *Agrobacterium tumefaciens* ou *Agrobacterium rhizogènes* semble, à l'heure actuelle, la méthode à privilégier. Elle permet en effet de connaître avec précision l'ADN transféré ce qui sera sans doute une condition indispensable pour toutes les utilisations agroalimentaires.

Si la transformation des cellules végétales est, en elle-même, une méthode relativement simple, les opérations d'isolement des gènes, d'intégration dans des plasmides puis dans les bactéries qui permettent la multiplication du gène et son intégration dans la cellule végétale restent de la compétence de spécialistes de biologie moléculaire (fig.9).

Le problème est d'abord celui du choix et de l'isolement du gène d'intérêt avec aussi toutes les questions du niveau de son expression dans la plante. Les applications actuelles de la transformation sont très largement en deçà de la puissance de l'outil. Actuellement beaucoup de travaux portent sur les promoteurs qui permettent des expressions spécifiques dans certaines cellules. Pour étudier ces promoteurs on les associe fréquemment à des gènes dits "reporters" dont l'expression peut être visualisée après des colorations spécifiques. On reconnaît ainsi les cellules où s'exprime le promoteur étudié. Ceci constitue un outil d'analyse physiologique de premier intérêt.

Conclusion

La biologie moléculaire comprend un arsenal d'outils d'analyse du génome et de son expression. Les méthodes sont universelles, du règne animal au règne végétal.

Les efforts de recherche nécessitent des collaborations souvent au niveau international car les masses critiques requises tant en équipements qu'en chercheurs sont considérables.

Il est nécessaire d'intégrer la biologie moléculaire dans les recherches finalisées, comme celles conduites à l'IRCA. Mais, il ne faut pas cependant tomber dans le piège: la biologie moléculaire n'est pas une alternative à des méthodes plus conventionnelles de physiologie ou de génétique, c'est une approche complémentaire mais qui ne peut être valorisée que par la connaissance de la plante entière.

Figure 8

Plante de tabac rendue résistante à un insecte par transformation génétique et son témoin non transformé. (L. Jouannin, Laboratoire de Biologie cellulaire, INRA Versailles)

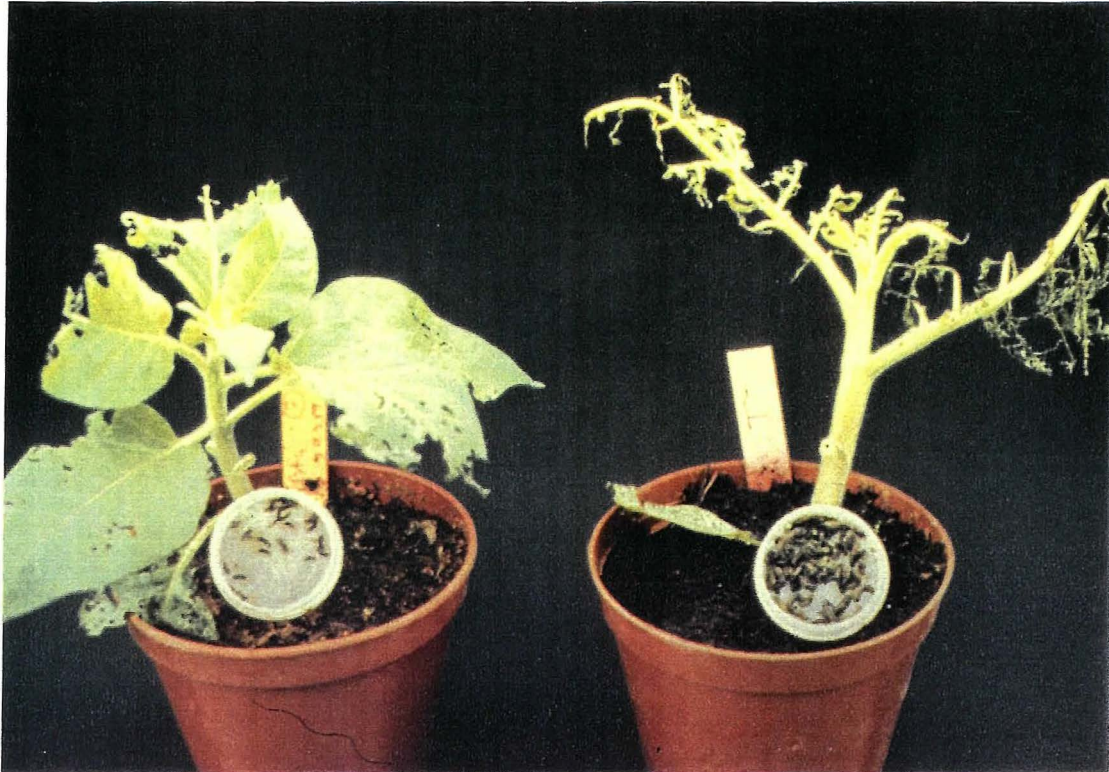


Tableau 12

Les méthodes de transformation des cellules végétales
(F. Casse-Delbart, Laboratoire de Biologie cellulaire, INRA Versailles)

Processus de TRANSFERT DE GENES

TRANSFERT NATUREL:

- *Agrobacterium tumefaciens* (pTi désarmé)
- *Agrobacterium rhizogenes* (pRi)

TRANSFERT DIRECT:

- Protoplastes
 - + P.E.G.
 - + P.E.G. + liposomes
 - + électroporation
- Microinjection
- Pollen
- Macroinjection
- Particules accélérées ("biolistique")

Résumé des différentes étapes du transfert d'un gène chimère d'un organisme donneur (micro-organisme, végétal ou animal) à une plante réceptrice.

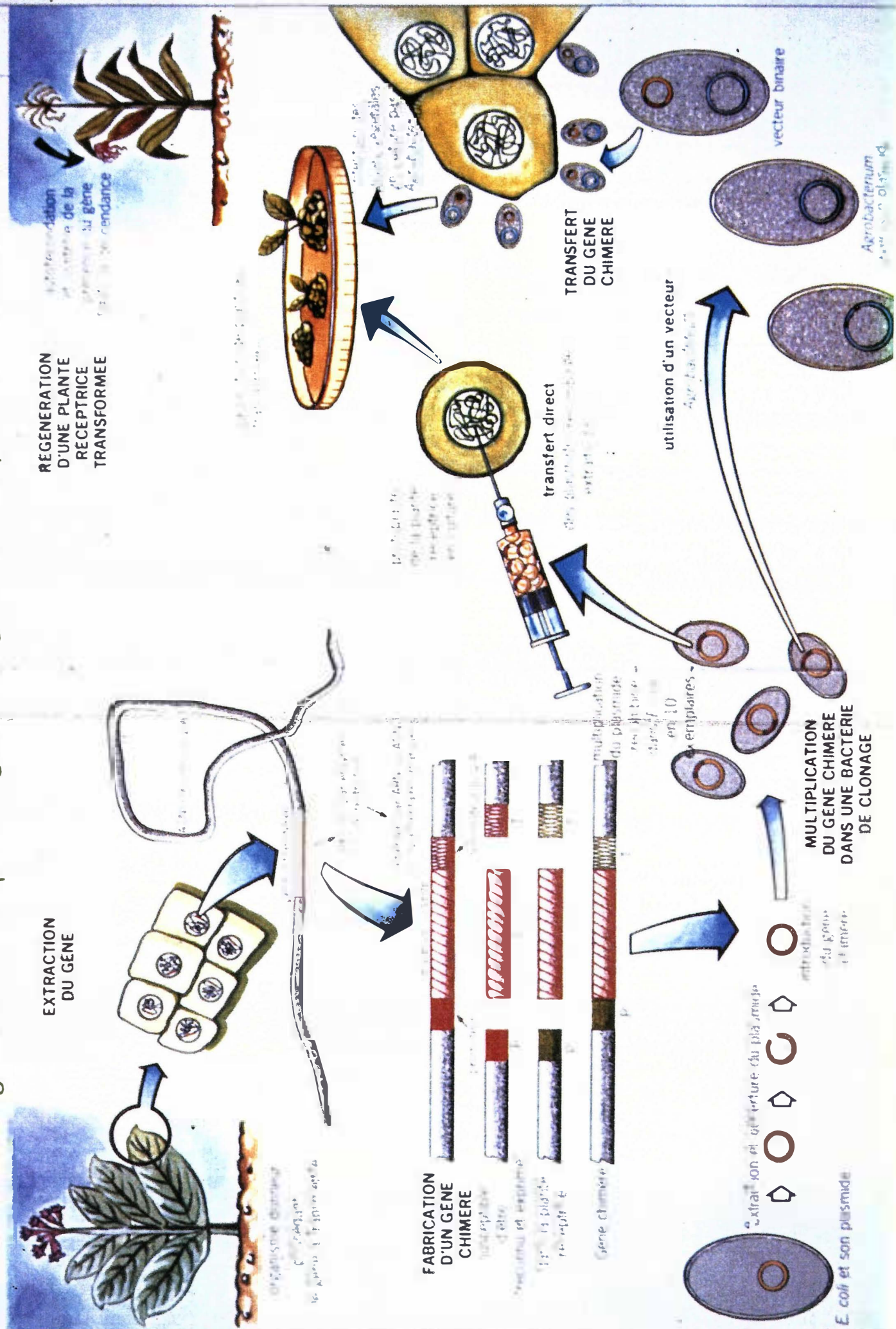


Figure 9 : Utilisation de la transformation génétique en amélioration des plantes.
(F. Casse-Delbart, Laboratoire de Biologie cellulaire, INRA Versailles)

LA BIOLOGIE MOLECULAIRE ET LA RECHERCHE EN HEVEACULTURE.
NOUVELLES PERSPECTIVES POUR L'ANALYSE DU GÉNOME HEVEA
LES MARQUEURS MOLÉCULAIRES.

D. Nicolas

Le généticien travaillant sur l'hévéa ressent cruellement l'absence de tout caractère visuel à déterminisme génétique simple, pouvant servir de marqueur, que l'on peut suivre d'une descendance à une autre. On peut rappeler pour mémoire la coloration jaune des feuilles d'individus issus de certaines familles d'illégitimes (PB 86 ill, PB 5/51 ill), mais dont le déterminisme n'a jamais vraiment été élucidé. Cette situation présente des inconvénients dont on peut analyser les conséquences.

* **Le généticien travaille en "aveugle".**

L'illustration la plus caractéristique de ce problème est la difficulté de reconnaître un clone dans un jardin à bois. De plus, il ne peut pas suivre d'une génération à l'autre la transmission d'un caractère.

Les conséquences sont que les mécanismes de la reproduction de l'hévéa sont mal connus : on ne connaît pas le taux d'autofécondation en pollinisation libre, on ne sait pas comment constituer un jardin grainier et quelle doit être sa distance d'isolement pour ne pas être contaminé, on ne peut pas apprécier l'ampleur des recombinaisons.

* **Le sélectionneur cherche à prévoir des caractères génétiques avant l'âge normal de leur expression; il agit donc en prédicteur du comportement futur d'un génotype.**

En l'absence de marqueurs permettant de vérifier la présence de ces caractères chez un individu, ce sélectionneur se verra contraint d'utiliser des critères précoces très imprécis : c'est par exemple la sélection de génotypes "haut producteur" à 2 ans en champs d'évaluation de jeunes seedlings (fig.10).

Figure 10 : Evaluation du potentiel de production par saignée précoce sur jeune seedling



- * **L'améliorateur doit structurer une large population d'individus** issus soit de prospection en Amazonie, soit de centres de sélection. Pour ce faire, il ne dispose que de références géographiques et d'une méthode basée sur des variations morphologiques qui s'avère lourde et imprécise.

En l'absence de marqueurs simples et pertinents, le tri des génotypes intéressants est difficile et l'exploitation des ressources génétiques disponibles est délicate.

L'ELECTROPHORESE D'ISOZYMES A FOURNI LES PREMIERS MARQUEURS GENETIQUES.

Cette technique mise au point dans les années 70 a été appliquée à l'IRCA par Mme Chevallier qui a eu l'occasion à plusieurs reprises de vous présenter ses résultats. On peut les résumer de la façon suivante (fig.11) :

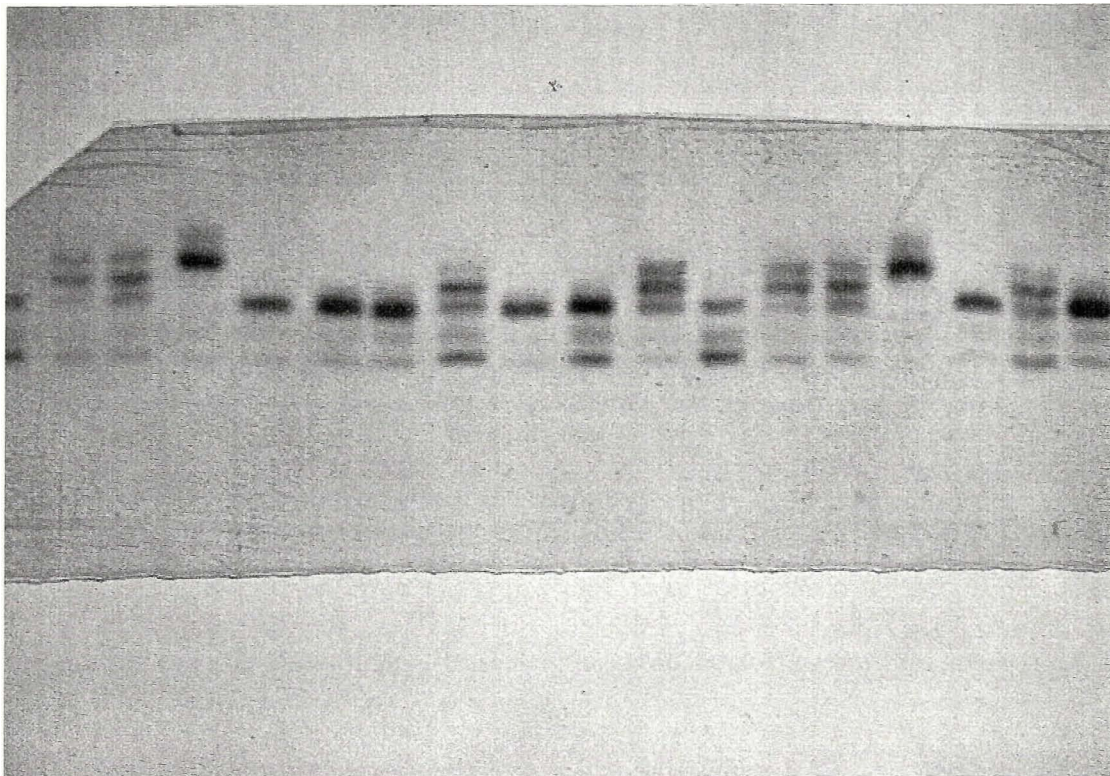


Figure 11 : Identification des clones Wickham :
exemple de génotypes obtenus à partir des
alcool-deshydrogénases.

on peut identifier avec une bonne certitude des clones différents,
on peut faire un contrôle de la qualité des pollinisations artificielles,
on a pu évaluer l'enrichissement génétique obtenu par les prospections
amazoniennes,
le niveau diploïde de l'Hévéa est prouvé,
on a structuré les collections en 4 groupes distincts.

Cette technique a cependant ses limites : le matériel végétal utilisé doit être vivant ce qui pose de gros problèmes d'approvisionnement, la révélation des marqueurs passe par des révélations enzymatiques en nombre limité. De plus, la variabilité génétique est sous-évaluée pour des problèmes méthodologiques et seuls les gènes de structures, c'est-à-dire ceux impliqués dans une réaction biochimique, sont échantillonnés, à l'exclusion de tous les gènes impliqués dans les processus de régulation.

De nouvelles techniques sont maintenant à l'ordre du jour.

L'électrophorèse bidimensionnelle : elle donne accès à un grand nombre de protéines pouvant être impliquées dans des phénomènes de régulation, mais les difficultés d'interprétation sur de grands échantillons sont considérables.

Les R.F.L.P. (Restriction fragment lenght pattern) : cette méthode qui donne directement accès à la variabilité génétique au niveau de l'ADN est très prometteuse. Elle vient de vous être décrite dans l'exposé précédent. D'ores et déjà, des résultats préliminaires ont été obtenus :

- une variabilité génétique a été mise en évidence au niveau nucléaire d'une part (RRIM; KUSH, GIDROL; BESS), au niveau de l'ADN mitochondrial d'autre part (BOUTRY),
- le matériel végétal utilisable peut être la feuille simplement séchée (BOUTRY; BESS), ce qui résout beaucoup de problèmes au niveau de l'approvisionnement.

Fort de cette nouvelle technique de pointe, on peut maintenant rappeler nos objectifs pour un court terme :

L'identification clonale, par laquelle il sera possible d'estimer le taux d'impureté d'un jardin à bois, ce qui est quasiment impossible de faire maintenant, avec également la possibilité de certifier le matériel végétal servant de source pour la création d'un nouveau jardin à bois. Elle permettra enfin de repérer des individus après des cycles de reproduction et donc d'apporter des précisions quant à leur biologie.

Le marquage de caractères, qui par une étude de co-ségrégation entre les RFLP et certains caractères agronomiques, pourrait permettre de repérer des liaisons fortes, ce qui peut aboutir à l'établissement de **diagnostics précoces** concernant certaines maladies, des caractères de branchement, des caractères de technologie du caoutchouc...

Ces études en biologie moléculaire sous entendent un aboutissement vers la **transformation génétique**; comment envisager cette finalité pour l'hévéa ?

Transformation génétique

Compte tenu des prouesses technologiques de ces dernières années, on peut sans trop s'avancer prévoir que dans un court terme, la création d'hévéas transformés sera réalisée. Le clonage de gènes est déjà un fait, le transfert dans le génome Hevea n'est sans doute qu'une affaire de mois et la régénération de plantules au pire une affaire de quelques années.

Mais la transformation génétique de caractères utiles suppose plusieurs conditions :

- il convient que ces caractères utiles soient transformables!
- qu'on connaisse la localisation des gènes impliqués et les mécanismes de leur régulation!

enfin et peut-être surtout qu'on teste la valeur agronomique des plantes transformées.

Il est sans doute inutile d'insister sur l'aspect encore très futuriste de la transformation effectivement utile de caractères chez l'Hevea. L'approche pluridisciplinaire qui a toujours été notre plus grand souci est ici encore plus indispensable, elle sera la garantie que les travaux de pointe à mener vers ces nouvelles technologies amèneront de nouvelles améliorations tangibles de cette culture.

PHYSIOLOGIE MOLECULAIRE

A LA RECHERCHE DES MECANISMES MOLECULAIRES LIES A LA PRODUCTION

J.L. Jacob

Le bilan des études physiologiques réalisées à l'IRCA montre l'importance des connaissances qu'elles ont induites et les progrès au plan appliqué qu'elles ont permis.

Une certaine modélisation du système laticifère a pu être établie qui est utile à l'exploitation et à l'amélioration.

A ce titre la méthodologie du diagnostic latex, outil au service du planteur mais aussi du chercheur qui teste de nouveaux systèmes d'exploitation est à souligner.

En outre, la définition d'une typologie de fonctionnement des différents clones d'hévéa a aidé à mieux comprendre les mécanismes de production qui les caractérisent, et à orienter les modes de saignée et de stimulation qui doivent leur être appliqués.

Les résultats acquis ne sont pourtant qu'une étape, et les progrès à réaliser, dans tous les domaines, probablement insoupçonnés. Comme tous les progrès, ils sont générés essentiellement par la connaissance et c'est dans ce domaine que la physiologie peut et doit apporter son appui.

L'effort cognitif réalisé à ce jour doit donc se poursuivre. L'évolution des techniques donne à ce titre des possibilités nouvelles dont l'intérêt est fondamental. C'est le cas de la Biologie Moléculaire.

Les recherches en physiologie menées jusqu'à présent ont porté sur l'analyse des grandes voies métaboliques et de leur régulation. Les recherches d'enzymes-clefs, l'étude de leur fonctionnement, des effecteurs susceptibles de contrôler leur activité *in situ* ont conduit à préciser des paramètres biologiques dont le rôle dans les mécanismes impliqués dans la production est relativement bien perçu.

Mais l'activité d'une enzyme est aussi dépendante de sa synthèse et de sa régénération au cours du temps, autrement dit de son expression par le génome. Les techniques de biologie moléculaire permettent d'aborder ce domaine qui comporte plusieurs étapes.

La première est la transcription du message contenant "l'ordre" de synthèse, de l'ADN nucléaire à l'ARN messenger.

L'extraction de ces ARN, leur séparation par électrophorèse et leur analyse à l'aide de sondes correspondant à des enzymes connues (méthode de Northern Blott) permet d'évaluer qualitativement et semi-quantitativement l'expression de ces enzymes (fig.12 et 13).

La seconde étape correspond à la traduction de l'ARN messenger en protéines enzymatiques ou non. Les ARN messagers sont incubés en présence de radiomarqueurs (³⁵S par exemple) dans un milieu leur permettant d'induire les synthèses protéiques qu'ils codent. L'analyse des protéines marquées obtenues se fait par électrophorèse bidimensionnelle couplée à la radiochromatographie.

Figure 12

Deux techniques permettant de mesurer l'expression de l'information génomique : à gauche, au niveau des ARN messagers, à droite au niveau de leur traduction en protéines.

TECHNIQUES UTILISEES
EN PHYSIOLOGIE MOLECULAIRE

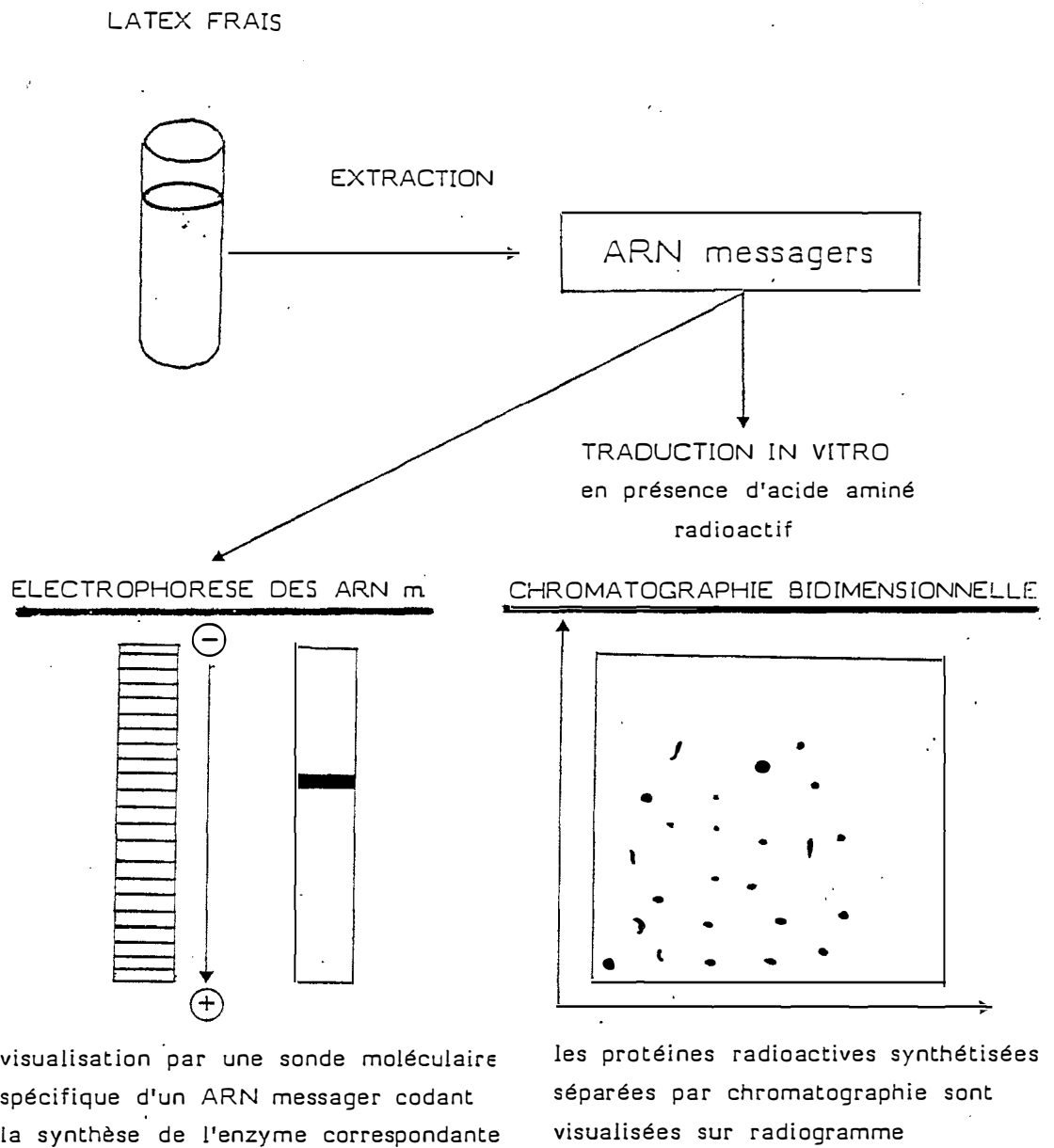
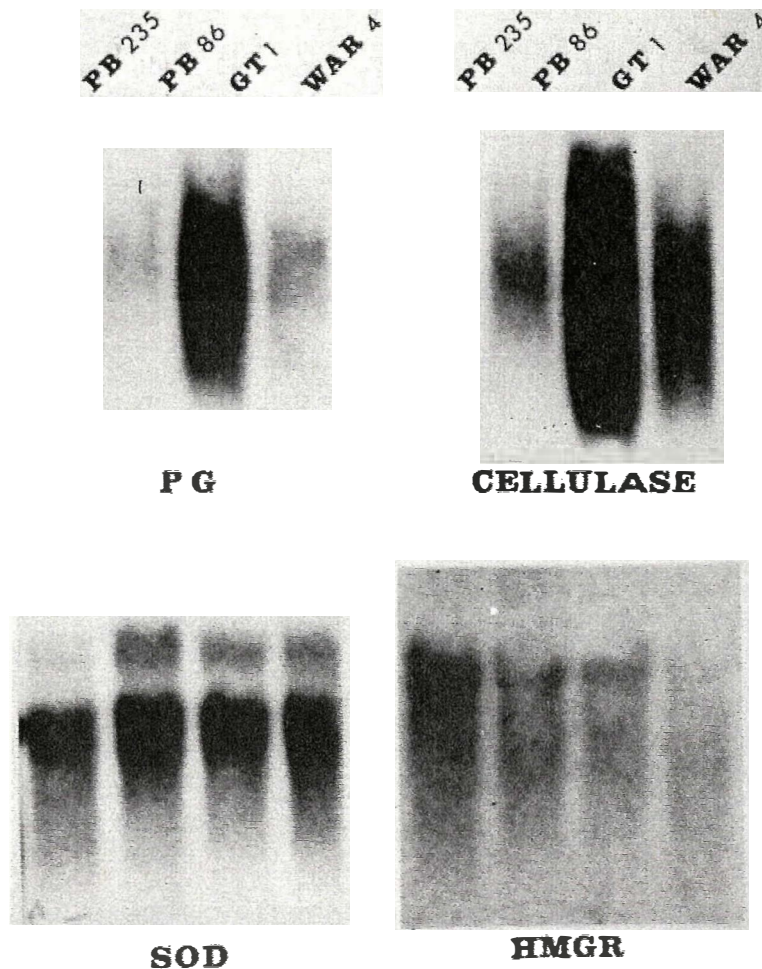


Figure 13

Caractérisation par "Northern Blott" de la quantité d'ARN messenger disponible dans le latex pour la production de 4 enzymes (PG: polygalacturonase, cellulase, SOD : superoxydedismutase, HMGR : HMG-CoA réductase). Des sondes radioactives de c-DNA correspondant à ces 4 enzymes ont été testées sur les RNA messagers provenant de 4 clones (PB 235, PB 86, GT1, WAR 4). L'intensité de la coloration traduit la quantité d'ARN messenger présente. Ainsi le clone GT1 est nettement plus riche en PG et cellulase, le clone PB 235 est plus riche en HMGR. (Résultats de X.Gidrol et A. Kush, Bimbresso-Singapour, Decembre 1989).

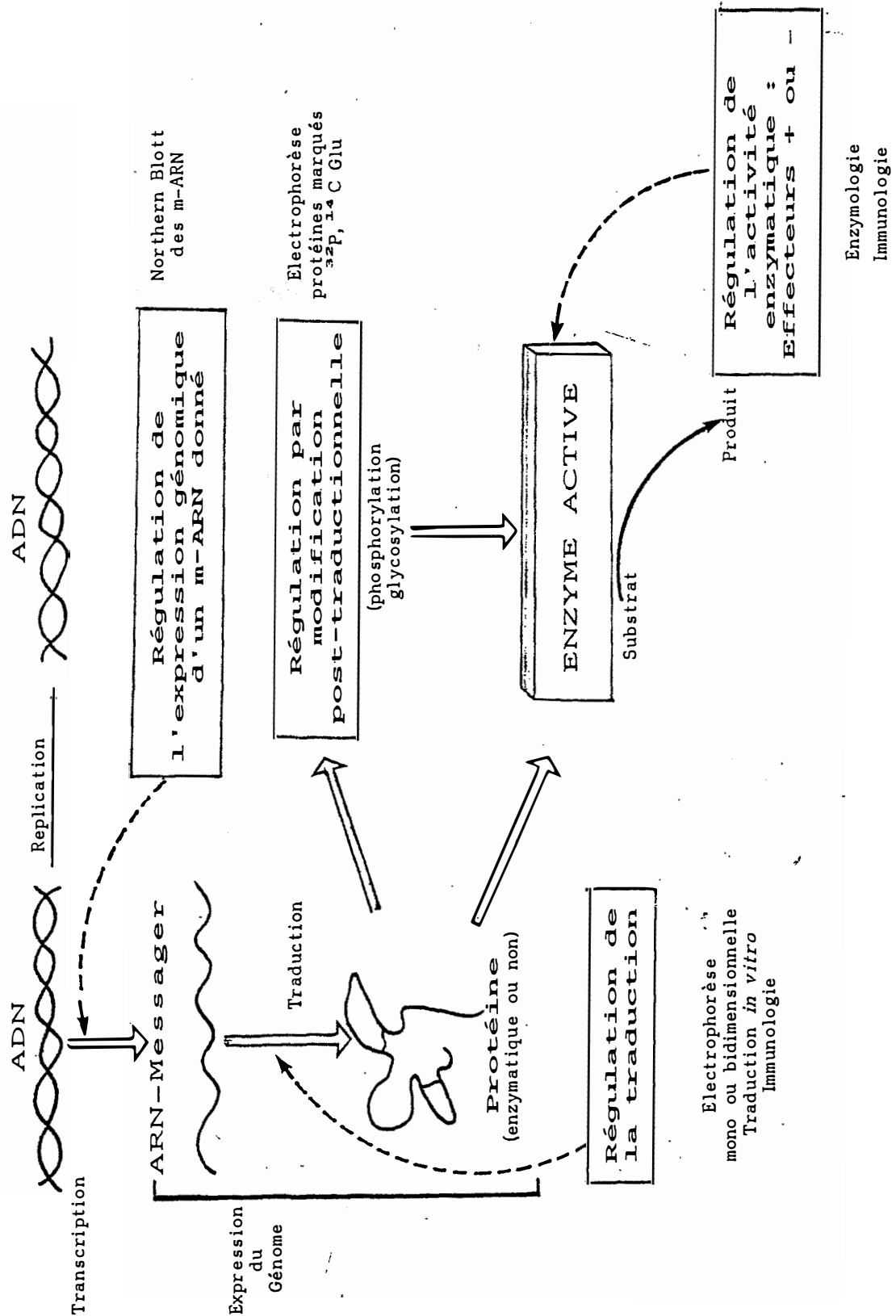


La reconnaissance des molécules protéiques peut mettre en jeu des techniques immunologiques (fig.14).

La troisième étape post-traductionnelle n'est pas toujours nécessaire, et ne concerne que les molécules enzymatiques qui, synthétisées sous forme inactive, doivent être modifiées biochimiquement (phosphorylation ou glycosylation par exemple) pour devenir fonctionnelles.

Pour résumer, trois niveaux de régulation peuvent être impliqués dans l'expression des activités enzymatiques potentielles. Une régulation transcriptionnelle, une régulation traductionnelle et enfin une régulation post-traductionnelle.

Figure 14 : Les différentes possibilités de régulation d'une enzyme donnée dans le latex :
Régulation au niveau de l'expression, de la traduction et de l'activité enzymatique elle-même.



Il est évident que les facteurs agissant sur la production doivent être étudiés dans ce cadre de manière à connaître le type de contrôle qu'ils influencent et partant de mieux comprendre les mécanismes mis en jeu. Il est possible aussi d'envisager la définition de marqueurs spécifiques de telle ou telle situation physiologique en relation directe ou non avec la production.

Un certain nombre de problématiques physiologiques, qui peuvent utiliser avec fruit cette nouvelle approche, sont déjà envisagées sinon étudiées.

C'est le cas de la stimulation par l'éthylène des systèmes laticifères et de la production. De nombreuses recherches préalables, au plan enzymologique et biochimique, ont permis de préciser les mécanismes métaboliques impliqués et dans une certaine mesure leur cinétique. Ainsi le pH cytoplasmique s'accroît tandis que le pH intralutoïdique diminue, signe d'une activation des pompes à protons membranaires, confirmée d'ailleurs par l'augmentation de l'activité ATPase tonoplastique. Les teneurs en sucre montent, reflet de l'effet sink induit et l'indice de plugging chute traduisant un transfert eau-solutés accru vers les laticifères.

La synthèse de RNA et l'indice de polymérisation des ribosomes qui augmentent, sont aussi représentatifs de l'activation métabolique générale observée.

L'étude entreprise visant à analyser l'action de la stimulation par l'éthylène au niveau de l'expression génomique va permettre de confirmer certains résultats (activation de la synthèse des pompes à protons par exemple) mais surtout d'apporter des données nouvelles à un niveau complémentaire et plus précis.

Ainsi l'influence de l'éthylène sur la synthèse protéique tant quantitative que qualitative par l'intermédiaire de la traduction des ARN messagers avant et après traitement à l'Ethrel, peut donner des informations utiles et dynamiques sur les processus biologiques fondamentaux qui interviennent dans le phénomène de stimulation. En outre, la mise en évidence de protéines spécifiques dont la synthèse serait liée à l'application d'agents stimulants, pourrait être utilisée à titre de marqueur.

Par ailleurs, il est indispensable de connaître l'effet de l'influence de l'éthylène en fonction du temps sur l'expression génomique. La dérégulation ou la répression de certaines enzymes joue un rôle fondamental dans ce domaine. L'analyse des ARN messagers et leur examen à l'aide de Northern Blott permettront grâce aux sondes dont il sera possible de disposer, de savoir quelle(s) activité(s) enzymatique(s), quand et dans quelle proportion elle(s) a(ont) été modifiée(s) au niveau transcriptionnel. Les résultats obtenus généreront une connaissance plus précise et plus fine des mécanismes impliqués par la stimulation et des systèmes de régulation mis en jeu, mais partant une maîtrise plus sûre des traitements stimulants et peut-être des innovations dans ce domaine.

D'autres problèmes physiologiques liés à la production de l'hévéa peuvent être étudiés et éclairés grâce à l'utilisation de la biologie moléculaire dans une approche analogue à la précédente.

C'est le cas de la montée en production observée lors de "l'ouverture" des arbres ayant atteint la taille requise pour être exploités. Plusieurs saignées sont nécessaires pour que la quantité de latex produit, faible les premières fois, augmente et devient satisfaisante. Il y a, durant ce temps, une accélération de l'activité métabolique, directement liée à la production. L'analyse de l'expression génomique au niveau de

la transcription,
la traduction des ARN messagers,
des molécules protéiques synthétisées,

devrait permettre d'identifier des marqueurs intéressants et notamment de mettre en évidence la surexpression ou la dérégulation d'enzymes dont il serait alors plus facile d'estimer l'importance dans les mécanismes liés à la production.

L'étude de la typologie de fonctionnement des laticifères peut également être abordée dans une même optique et avec une méthodologie semblable. Il serait en effet très souhaitable de connaître les systèmes enzymatiques ou protéiques qui sont responsables ou qui sont des marqueurs majeurs de l'activité métabolique globale caractérisant tel ou tel clone et sa potentialité à produire. L'analyse comparée, mettant en jeu les techniques précédemment évoquées, entre clones typologiquement opposés ou entre hévéas hauts et bas producteurs, apportera sûrement des réponses utiles dans ce domaine pour la définition de critères de la haute production.

Un dernier exemple a trait à l'encoche sèche. De nombreux travaux réalisés par diverses équipes et un récent Workshop international n'ont pas permis de conclure quant à la nature et au(x) facteur(s) responsable(s) de ce syndrome. Il y a probablement plusieurs causes possibles telles que la fatigue physiologique induite par la surexploitation ou un facteur pathogène qui pourrait exprimer sa virulence à la suite de divers stress.

Les méthodologies de biochimie cellulaire classique ont donné quelques informations concernant notamment l'encoche sèche de surstimulation.

Par contre, l'hypothèse hautement probable d'un pathogène de type viral ou viroïde n'a pu être prouvée malgré les nombreux et rigoureux efforts de plusieurs équipes françaises ou étrangères. Les techniques de biologie moléculaire sont infiniment mieux adaptées pour tester cette possibilité, et mettre en évidence la présence de l'ARN du pathogène évoqué, des sondes adéquates pouvant être utilisées.

Ne nous y trompons pas, la biologie moléculaire ne résout pas tout mais, c'est un outil à l'efficacité surprenante qui ouvre à la Biologie et à la Physiologie Végétale des voies nouvelles à la connaissance. La physiologie cellulaire a beaucoup apporté et apportera encore beaucoup mais une discipline nouvelle complémentaire encore plus performante, plus explicative est née : la Physiologie Moléculaire.

Discussions sur le thème de la biologie moléculaire

M. D'Auzac : Je voudrais remercier M. Bichat grâce à qui nous avons pu avoir 4 thèses l'année dernière dont une en biologie moléculaire, sur la stimulation, avec Valérie Pujade-Renaud.

M. Brosse : Avez-vous des précisions sur les diverses étapes de la synthèse enzymatique du polyisoprène et de la dégradation enzymatique de la molécule de caoutchouc naturel ?

M. Jacob : Des travaux majeurs ont été réalisés ces deux dernières années par une équipe américaine (GENETECH) qui a étudié les systèmes très fins de synthèse même du caoutchouc et notamment du système qui permet la polymérisation en position *CIS*. Par là même on touche au problème de la longueur de la chaîne c'est-à-dire le temps durant lequel l'enzyme travaille pour arriver à 10 000 ou 15 000 unités. C'est peut-être à ce niveau qu'il sera possible de réguler la longueur des chaînes.

M. D'Auzac : Si on connaît de mieux en mieux la synthèse, les problèmes de dégradation par des bactéries sont réels mais pratiquement inconnus. On a constaté sur le guayule, et à mon grand étonnement, une diminution de la teneur en caoutchouc sous l'influence de la saison, ce qu'on explique guère chimiquement, sinon peut-être par des réactions d'oxydation.

M. Bichat : La conclusion de Mme Dattée me paraît très importante. Le CIRAD affronte beaucoup de contraintes, le choix qu'a fait le Directeur général s'inscrit dans la tradition: c'est celui d'avoir des équipes qui connaissent bien une plante entière. C'est cette connaissance complète et synthétique que nous pouvons apporter au monde scientifique. En coopération avec l'INRA nous avons travaillé sur le coton pour transférer certaines particules génétiques du "*Bacillus thuringiensis*" pour que le cotonnier puisse se protéger contre certains insectes. L'équipe de l'INRA est venue à Montpellier et elle est repartie avec trois projets nouveaux car elle a été séduite par les connaissances que nous avons les uns et les autres des plantes que nous avons en charge. Il n'est pas possible au CIRAD d'avoir des équipes complètes spécialisées pour chaque plante, il faut coopérer et ce que nous devons garder c'est cette connaissance profonde et détaillée des différentes plantes qui nous sont confiées.

M. Rémy : A-t'on des exemples de modification de plantes pérennes grâce à la biologie moléculaire ? Pourrait-on introduire, dans l'hévéa, la résistance au *Corynespora*, par exemple ?

M. Chevaugnon : Pour les plantes pérennes il faut obtenir une résistance mais il faut que cette résistance dure toute la vie de la plante. Or il est très rare qu'elle repose sur un seul gène. Il semble bien que, chaque fois, plusieurs gènes interviennent. On peut les additionner et les résistances durent plus longtemps voire devenir apparemment pérennes. Dans le cas précis de l'anthracnose de l'hévéa, champignon que l'on connaît bien sur un grand nombre de plantes y compris le haricot, on connaît un grand nombre de ses armes d'attaque et on connaît un grand nombre des moyens de protection de la plante contre ces attaques. De nombreuses enzymes font partie des armes d'attaque de cet agent pathogène : des cellulases, des pectinases ... Chez la plante, les moyens de défense sont la modification des substrats de ces enzymes ou leur masquage, voire la mise en place d'enzymes de défense proprement dite, type chitinase qui vont attaquer

le champignon. Les physiologistes ont bien identifié les gènes correspondants ; il ne reste plus qu'à transférer 4, 5 ou 6 gènes. C'est à notre portée si on veut bien faire coopérer biologie moléculaire, génie génétique, les approches classiques de la sélection, la phytopathologie et la physiologie en général.

C'est à notre portée, il faut le vouloir et ce n'est pas forcément très difficile mais il ne faut pas rechercher le spectacle immédiat.

Mme Dattée : Oui, il y a des espèces pérennes qui ont été transformées pour une résistance à un herbicide: le peuplier. La difficulté vient de la possibilité ou non de régénérer des plantes entières après la transformation. Pour l'hévéa il y a des travaux qui sont bien engagés sur l'embryogenèse somatique. La transformation d'espèces liée à l'introduction de caractères monogéniques posera des problèmes à très court terme. Dans le cas d'induction de résistance à des insectes, bien que les zoologistes ne soient pas très inquiets, on imagine bien que les insectes contournent cette résistance et on imagine aussi pouvoir transférer plusieurs caractères. Pour surmonter cette résistance il faudrait cumuler des événements de probabilité relativement faible.

M. Sébillotte : On est amené à considérer que chaque arbre est un individu différent. Sur le plan agronomique on fait des expérimentations où l'on traite des espaces et on fait correspondre des variables qui ont une plage de variabilité considérable au niveau du milieu: sol, microclimat à des individus qui vont être observés un à un. Là, il y a un vrai problème: les progrès qui sont faits en physiologie à l'IRCA, le démarrage de la biologie moléculaire réinterroge la façon dont les agronomes vont travailler. Pour l'IRCA il y a toute une réflexion à faire pour savoir comment utiliser des technologies modernes qui permettent de faire des contrôles individuels. Pour le moment il y a une rupture d'échelle complète entre les essais agronomiques et le reste.

M. de Padirac : Que font nos collègues membres de l'IRRDB en matière de biologie moléculaire ?

M. Jacob : Le RRIM a complètement réorienté sa politique de recherche vers une étude très complète de la biologie moléculaire à tous les niveaux. Mme Chevallier a rédigé un document qui résume bien ce que font les Malais.

M. D'Auzac : Ils ne sont pas prêts d'échanger quoi que ce soit dans ce domaine pas plus que nous d'ailleurs !

M. Campaignolle : Qu'est-ce qu'il y a dans ce domaine de valorisable ? Qui peut empêcher quelqu'un de couper une branche et de la multiplier à l'infini ?

Mme Dattée : Dans le cadre de cultures qui sont protégées par le système "Protection des obtentions végétales" (ne concernant pas toutes les espèces et tous les pays); les variétés cultivées en France sont protégées par un certificat d'obtention, c'est un droit de propriété. L'obteneur d'une variété peut faire valoir son droit mais il laisse le libre accès à la variabilité génétique: la variété cultivée peut être utilisée comme géniteur pour d'autres variétés mais elle ne peut pas être commercialisée par quelqu'un sans l'autorisation de l'obteneur.

C'est un système bien adapté à la protection d'un génome entier. Des discussions sont en cours à la CEE sur la protection des inventions de biotechnologie, les industriels exercent une forte pression pour que le régime de protection soit celui des brevets; ce qui est une nouveauté de protéger par brevet du matériel vivant. Les sélectionneurs sont confiants dans leur système actuel de protection des obtentions végétales, il leur

semble que c'est la meilleure façon de garantir un progrès génétique à terme. Il faudra trouver un compromis entre la protection qui sera conférée à une plante, à un gène, à un organe pour l'invention biotechnologique et la protection de la variété.

M. Nicolas : Jusqu'à présent l'identification clonale était réellement très difficile, il suffisait par un tour de passe-passe de transformer le nom d'un clone pour pouvoir l'utiliser à l'échelle industrielle. Il faut s'attendre à terme que l'on ne puisse plus faire ces gymnastiques d'appellations. L'identification clonale permettra une protection beaucoup plus rigoureuse.

Mme Chevallier : Avec l'identification clonale nous avons déjà un outil qui permet de contrôler les échanges de matériel.

M. Bichat : Dans les pays chauds on n'est pas prêts d'avoir des obtentions végétales. La Convention de Paris est appliquée uniquement dans les pays du nord. Dans les pays du sud, surtout pour les productions tropicales, ils estiment qu'ils sont les véritables propriétaires puisque les gènes viennent de leurs régions. Ils ne reconnaissent pas toute la valeur ajoutée des chercheurs qui transforment les populations naturelles en populations artificielles. D'où l'intérêt, pour financer une recherche, de systèmes qui protègent les obtenteurs notamment, le système hybride. Les cultures *in vitro* pourraient être une protection.

M. Omont : Jusqu'à quel point la transformation polygénique ne va-t-elle pas modifier les autres caractères ? Au Brésil par exemple, l'"Hévéa pauciflora" est parfaitement résistant au *Microcyclus* mais il ne produit rien. A mesure qu'on l'hybride avec H. brasiliensis on gagne en production mais on perd en résistance. Si des sociétés se mettent à produire du matériel végétal elles vont peut-être vendre du matériel résistant mais dont on s'apercevra seulement 5 ou 6 ans après qu'il ne produit rien.

M. Chevaugnon : Au Brésil on a opéré en aveugle ce n'est pas du tout ce qui est préconisé par les techniques de génie génétique qui ne transfèrent que des gènes parfaitement connus et marqués.

AGRONOMIE-ENCOCHE SECHE

SYNTHESE DU WORKSHOP SUR L'ENCOCHE SECHE MALAISIE (JUN 1989)

J.L. Jacob

Dans le cadre de l'IRRDB, un Workshop sur l'encoche sèche s'est tenu à Penang (Malaisie) en juin 1989. Outre l'IRCA, Côte d'Ivoire et France, participaient à cette réunion les Instituts de Malaisie, du Sri Lanka, de l'Inde, de la Thaïlande, des Philippines, du Nigéria, d'Indonésie.

Ce problème est économiquement important et se retrouve dans tous les pays hévéicoles. C'est pourquoi il est apparu comme prioritaire et a donné lieu à l'organisation de ce meeting.

En ce qui concerne les exposés, un certain nombre de points sont à souligner.

Au plan agronomique, le RRIM a montré que chez les **clones hauts producteurs** (PB 235 et PB 260) sensibles à l'encoche sèche, l'influence du stress hydrique et de la qualité des sols joue un rôle important, alors qu'aucune relation n'apparaît entre la gravité de la maladie, la quantité de latex produit et la fréquence de saignée. La maladie peut s'exprimer tout au long de la vie économique de l'arbre. Les techniques d'isolement des panneaux ou de l'encoche ne sont pas très efficaces.

Au plan biochimique, le rôle du cuivre a été évoqué. Il semblerait être un stabilisateur du latex, en relation avec la résistance à l'encoche sèche. Les clones les plus sensibles seraient les moins riches en cuivre.

Le Sri Lanka a constaté une augmentation de la teneur en proline du latex en rapport avec la sécheresse d'encoche, et la relierait à l'éventuelle implication du stress hydrique en tant qu'inducteur de la maladie. En outre, il semblerait qu'il y ait une différence au niveau du protéinogramme du latex issu des arbres en voie d'encoche sèche.

L'Indonésie a montré qu'il existait un type d'encoche sèche provoqué par une fusariose, et qu'elle était distincte du type Brown bast. Dans le cas de Brown bast, l'arrêt de saignée n'est pas efficace, mais l'isolation de panneau permettrait de récupérer un quart des arbres malades.

L'IRCA a résumé ses travaux réalisés en Côte d'Ivoire. La synthèse en sera faite par M. Commère.

Dans un autre exposé, l'IRCA a montré que l'encoche sèche pouvait avoir plusieurs causes induisant des symptômes histocytologiques et biochimiques différents.

Des causes de surexploitation par sursaignée, mais surtout par surstimulation, provoquent dans un premier temps des phénomènes réversibles. Si ces causes sont durables elles peuvent aboutir à l'apparition des symptômes de nécroses (Brown bast). Ceux-ci vont se développer rapidement et irréversiblement avec une dégénérescence du système phloémique, dégénérescence qui peut se développer très rapidement.

Il faut noter que ce syndrome nécrotique peut apparaître sur des arbres non surexploités, mais vraisemblablement soumis à des stress de natures différentes : stress hydrique, stress physique ou de toxicité (lié à la nature ou à la structure des sols), etc... Les stress en diminuant la résistance des arbres permettraient l'expression de la maladie.

Toutefois, la répartition des arbres malades, l'évolution de la maladie sur la plantation, la sensibilité plus ou moins forte selon les clones, fait penser à l'implication d'un agent pathogène qui se transmettrait selon un mécanisme ou un vecteur qui actuellement n'est pas clair. Bien qu'à notre

connaissance, aucun résultat n'ait pu montrer la réalité de cette hypothèse, elle n'en reste pas moins valable.

Si l'encoche sèche réversible peut être traitée assez efficacement par une diminution de l'intensité d'exploitation, il n'en est pas de même pour celle qui correspond aux phénomènes nécrotiques. Les propositions de séparation des panneaux, de grattage de zones malades ou de repos des arbres nécrosés, ne sont ni économiquement, ni physiologiquement satisfaisantes.

Lors du débat général, il est apparu qu'une classification des termes utilisés pour désigner l'encoche sèche deviendrait nécessaire, plusieurs phénomènes pouvant recouvrir *in fine* le même aspect, eu égard aux divers types de symptômes observés. L'hypothèse n'est pas admise par tous les chercheurs, eu égard à des résultats divergents (influence de la densité de plantation sur l'apparition et le développement de la maladie par exemple).

Il a été envisagé que l'IRRDB, par l'intermédiaire du Liaison Officer du groupe Physiologie Exploitation, mette en place une recherche commune entre les différents instituts. Cette action a d'ailleurs été engagée récemment.

BILAN DES TRAVAUX DE L'ORSTOM EN COTE D'IVOIRE SUR LA NECROSE CORTICALE DE L'HEVEA

D. Nandris

Les tous premiers cas de nécrose corticale de l'hévéa ont été détectés, début 1982, par les agronomes de la SOGB dans des parcelles en saignée depuis 2 ans. Durant cette même année, la situation a rapidement évolué puisqu'on est passé de ces quelques arbres à plusieurs centaines d'hévéas nécrosés et que les altérations se sont brusquement aggravées. Une Convention de Recherches a été alors demandée à l'ORSTOM pour étudier cette nouvelle affection. C'est dans ce cadre contractuel que les opérations de recherches ont été menées à Béréby entre 1984 et 1986. Les résultats obtenus sont le fruit d'une collaboration entre des chercheurs de différents laboratoires du Centre ORSTOM d'Adiopodoumé qui sont intervenus soit, dès le début des opérations de recherches, soit au fur et à mesure de leur progression.

SYMPTOMATOLOGIE ET CARACTERISTIQUES DE LA MALADIE

Cette affection qui concerne le tronc de l'hévéa entre le collet et l'encoche (fig.15) provoque une nécrose des tissus corticaux sans jamais altérer le bois. Ce sont les tissus du panneau de saignée en exploitation qui sont, très généralement, le siège de l'attaque initiale.

1) Les symptômes externes précoces sont soit des écoulements de latex au travers de trous de borers (bleeding), soit de fines craquelures de l'écorce sur la partie inférieure du tronc, soit de petites lésions brunâtres visibles juste après la saignée sur l'encoche, soit enfin le tarissement de la production du latex avec sécheresse partielle ou totale de l'encoche. Plusieurs de ces symptômes peuvent être observés simultanément sur un même arbre. Ultérieurement, l'évolution de la maladie se traduit par des craquellements, des fissurations de l'écorce et la desquamation des parties malades. Dans les cas graves (fig.15), la nécrose des tissus corticaux s'étend à tout le pourtour de l'arbre entre le collet et l'encoche, ce qui peut entraîner l'apparition de symptômes foliaires marquant la dégénérescence de l'arbre.

2) Les symptômes internes sont uniquement observables après grattage superficiel de l'écorce de l'arbre malade. On décèle tout d'abord des taches brunes ponctuelles (fig.16) ou allongées qui sont plus ou moins confluentes. Leur développement longitudinal rappelle l'orientation en spirale des faisceaux laticifères (fig.17). Après incision de l'écorce jusqu'au bois, on observe au niveau cambial une zone d'altération de couleur brune (fig.19) dont l'épaisseur peut atteindre plusieurs mm. Cette lame brune coïncide en fait avec le phloème conducteur qui renferme la grande majorité des manteaux laticifères. Elle peut s'étendre à tout le tronc sans que rien extérieurement n'indique sa présence sous l'écorce. Ceci permet de mieux comprendre le tarissement spectaculaire de la production de latex qui survient parfois dès l'apparition de la maladie.

Sur la base de ces observations, un barème de notation rend compte des différents stades de gravité des attaques de nécrose (fig.20).

Après grattage systématique de l'écorce de plusieurs centaines d'hévéas, on a pu estimer le polymorphisme (fig.20) des altérations provoquées par la nécrose. Deux cas de figures sont à retenir

un "faciès ascendant" : les tissus du collet sont atteints les premiers (fig.17). La nécrose remonte ensuite vers le panneau de saignée sous forme de traînées plus ou moins anastomosées qui recouvrent progressivement une portion importante du tronc. L'intensité des altérations nécrotiques et le degré de pourriture de l'écorce suivent de ce fait un gradient croissant de bas en haut;

un "faciès descendant" : les plages nécrotiques issues cette fois, de l'encoche de saignée, évoluent vers le collet (fig.18).

Barème de notation des stades de gravité de l'infection

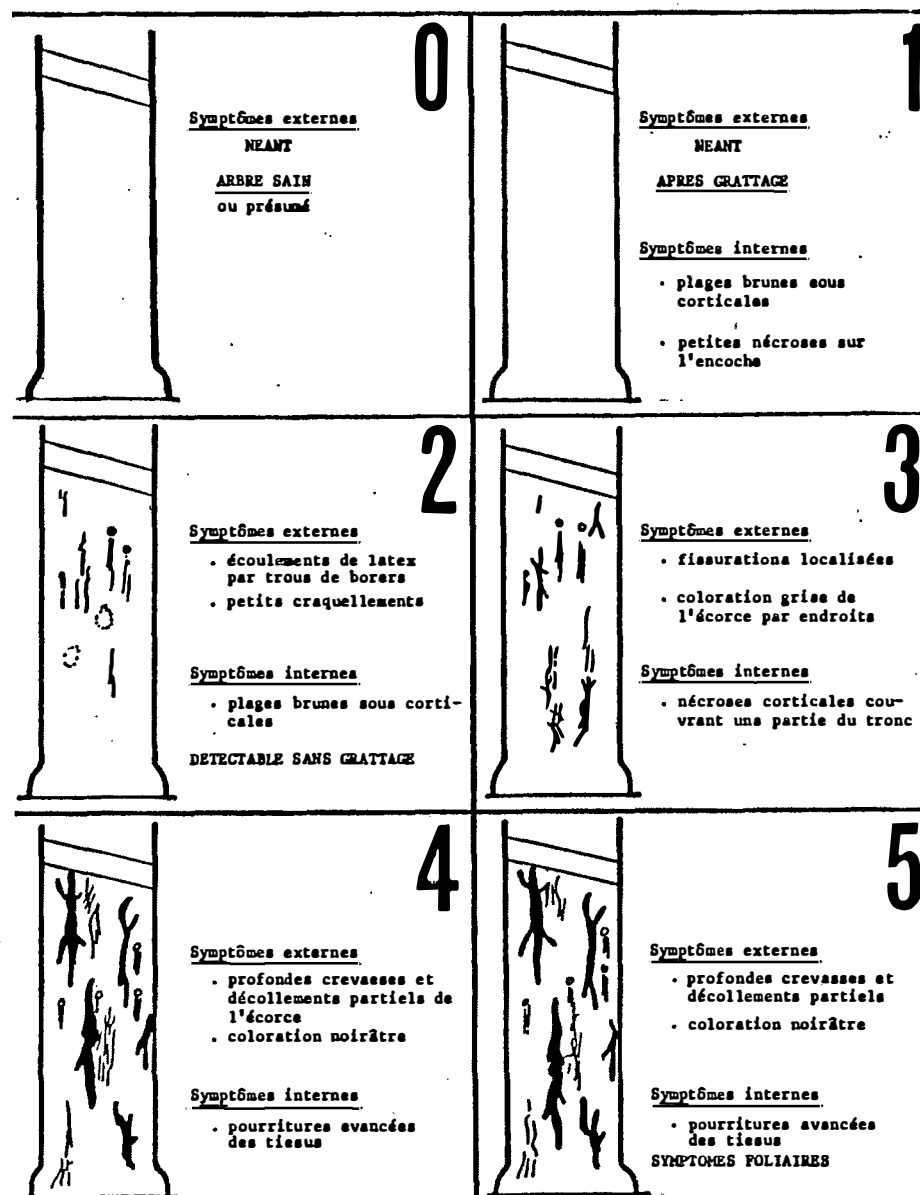


Figure 20 : Sévérité des attaques de nécrose et polymorphisme des lésions internes

Diverses configurations (A : faciès descendant - B : faciès ascendant - C : faciès "médian") adoptées par la nécrose de l'écorce sur la tronc des hévéas.

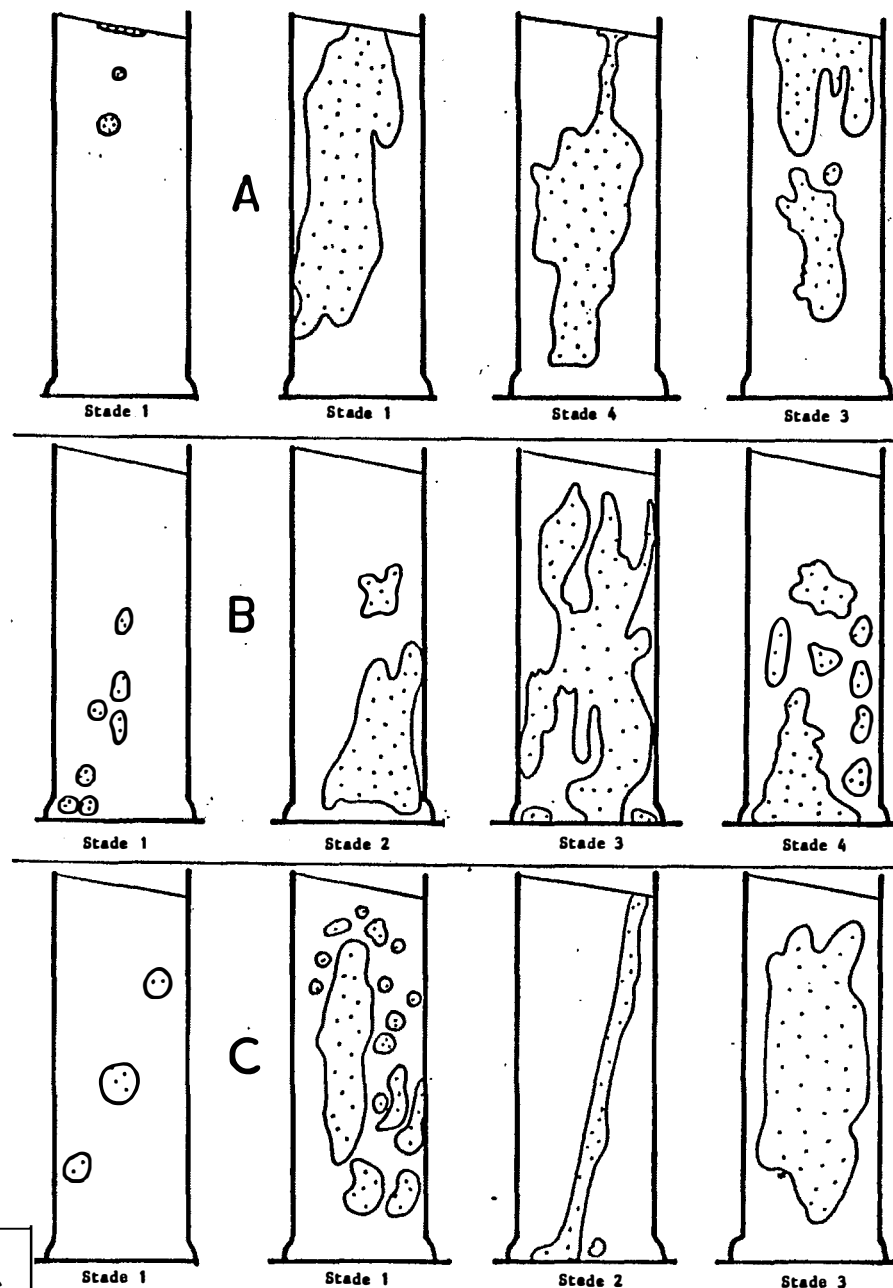




Fig. 15 : Altérations provoquées par la nécrose (fissurations et desquamation)



Fig. 16 : Attaque initiale au collet (vue après grattage)

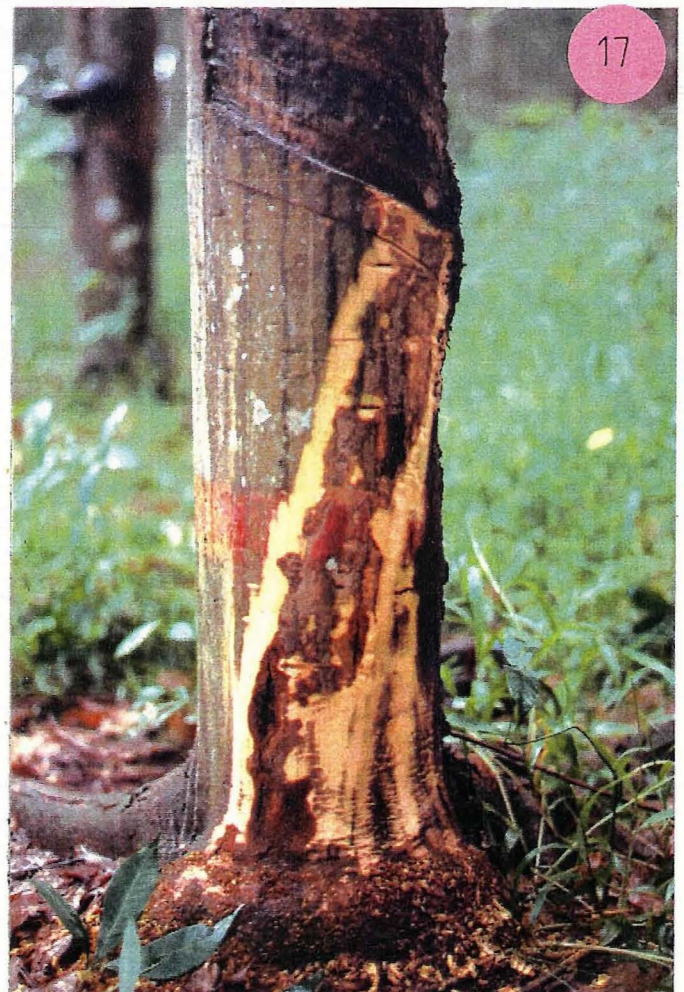


Fig. 17 : Développement des altérations vers l'encoche

Fig. 18 : Développement des altérations vers le collet (faciès descendant)

Fig. 19 : Présence d'une zone altérée au niveau cambial (lame brune) alors que l'écorce est encore saine

Fig. 21 : Coupe d'un tronc montrant la position de la lame brune et le secteur d'écorce encore fonctionnel

Fig. 22 : Incisions jusqu'au bois dans un tronc d'arbre récemment détecté. Le tarissement du latex concerne déjà le tronc, le collet et les racines

Plan de projection des 27 points (individus) sur les axes 1 et 2

Axe 1 horizontal Axe 2 vertical

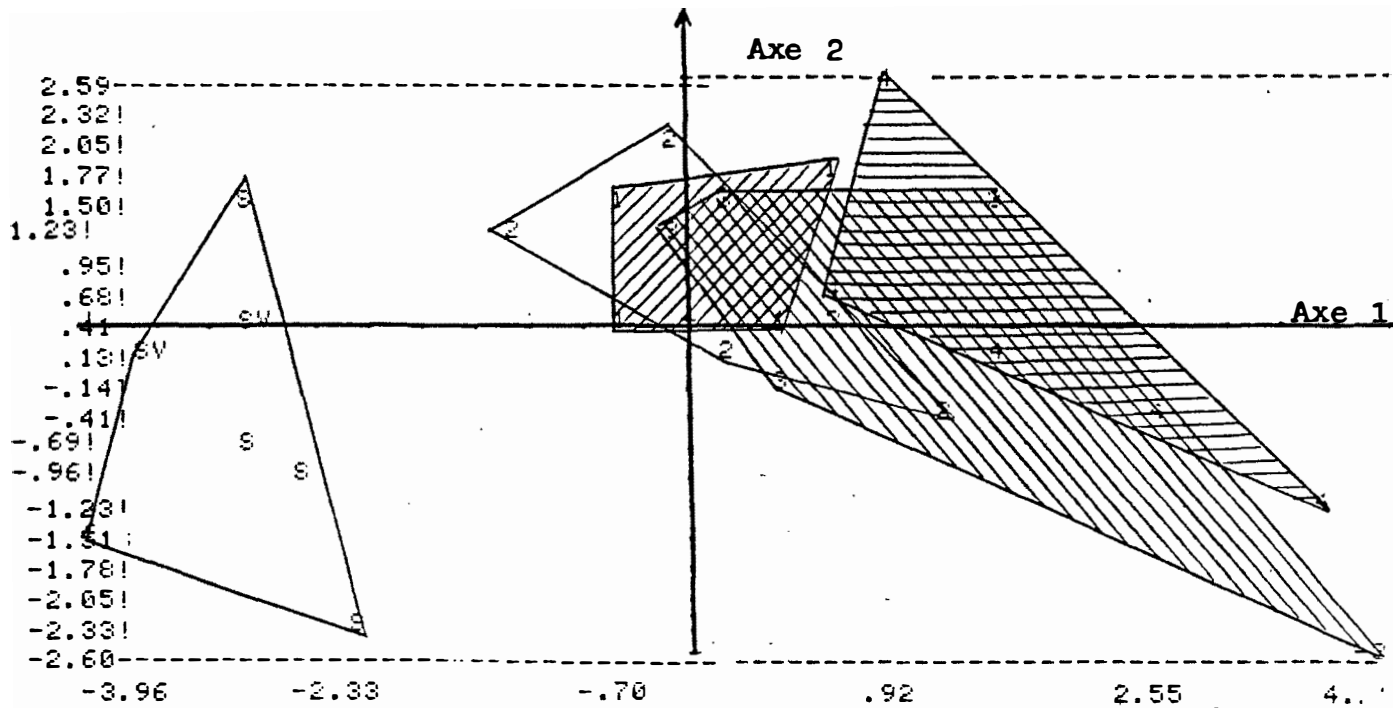


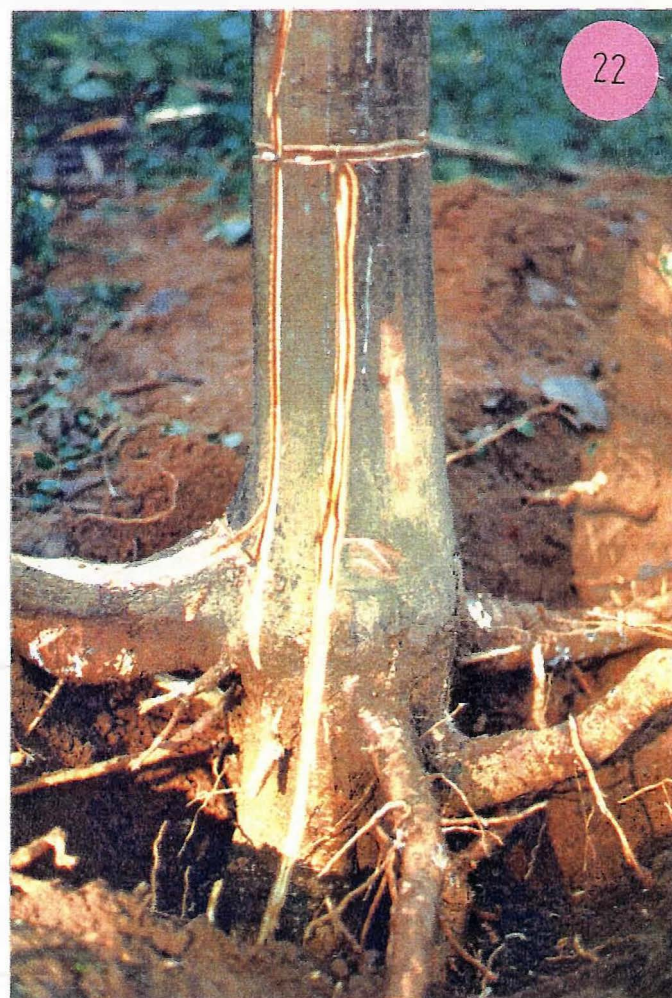
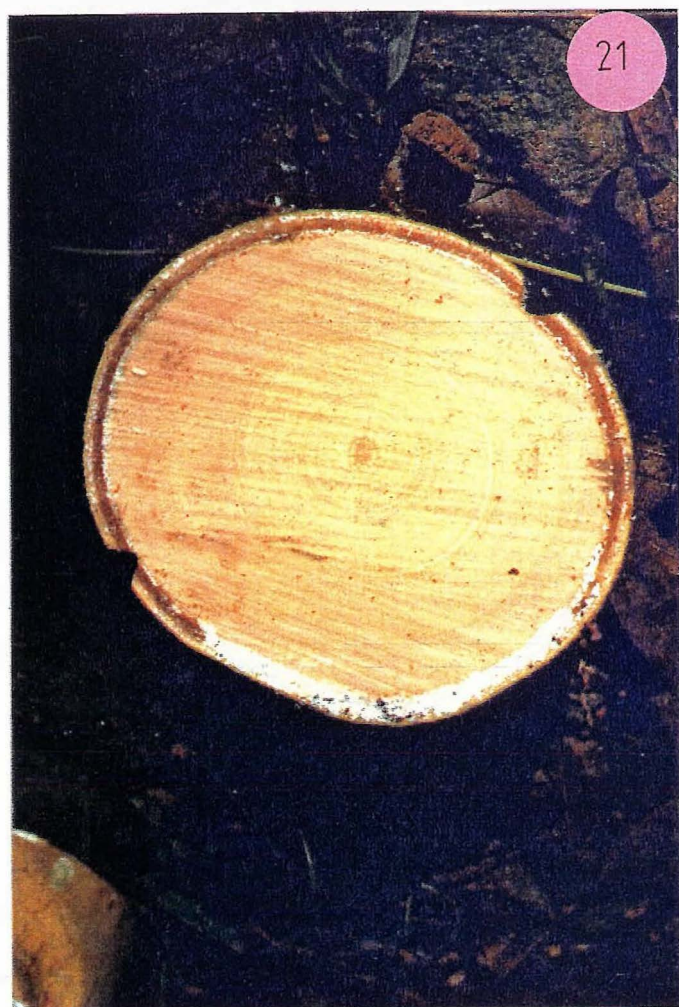
Figure 23 : Analyse en Composantes Principales portant sur 27 arbres (hévées sains =S et SV; chaque hévéa malade est figuré par son stade de gravité noté de 1 à 4).

	PARAMETRES BIOCHIMIQUES DU LATEX	SAINS	ENCOCHES SECHES	NECROSE
TENDANCES HONOLOGUES	Teneurs en thiols (RSH)	-	+++	++
	Activités Peroxydases (PEL et FEC)	-	↑	++++
	Activités Catalases (CAL et CAC)	-	+++	+
	Activités Phosphatases acides totale (PAT)	-	+++	+
	Activités glycosidases	-	?	↑
TENDANCES INVERSEES	Teneurs en Caroténoïdes (CAR)	-	-	++
	Extrait sec caoutchouc (ES)	-	++	++
	Indice d'éclatement des lutoïdes (IE)	-	+++	-+
	Activités polyphénol oxydase	-	+++	-+
	Activités NADH oxydase (quelques tests)	-	++	-

Tableau 13 : Evolution comparative de paramètres biochimiques du latex d'arbres sains, nécrosés ou atteints d'encoche sèche de surexploitation.

N° et date de l'essai	Localisation	Caractéristiques	Site de prélèvement	Protocole technique	Espèces isolées	Fréquence d'isolement
ESSAI 1 MAI 1984	BACO 30 p : 19 Clône AF 51	3 arbres nécrosés	phloème	culture sur milieu maltéa	<i>Fusarium</i> Bactéries <i>Trichoderma</i> <i>Pestalozzia</i> <i>Colletotrichum</i> Champignons stériles	+ + + + + + +
				culture sur milieu antibiotiques	<i>Trichoderma</i> <i>Verticillium</i> Bactéries Zygomycète indéterminé	+ + + + +
				piégeage sélectif	Bactéries Champignons stériles <i>Phytophthora</i> sp.	+ + + +
		2 arbres sains	phloème	culture sur milieu maltéa	Bactéries <i>Fusarium</i>	+ +
ESSAI 2 JUN 1984	BACO 30 p : 19 AF 51	5 arbres nécrosés	phloème	piégeage sélectif	<i>Choanephora</i> <i>Colletotrichum</i> <i>Pestalozzia</i> <i>Aspergillus</i>	+ + + +
	SINGHE 78 p : 5	2 arbres sains	phloème	piégeage sélectif	Champignons stériles Bactéries <i>Fusarium</i>	+ + +
ESSAI 3 JANVIER 1985	BACO 30 (AF 51)	1 arbre nécrosé	phloème	culture sur milieu maltéa	<i>Botryodiplodia</i> <i>Fusarium</i>	+ +
		2 arbres nécrosés + chancre du collet	phloème	culture sur milieu maltéa	<i>Fusarium</i> <i>Phytophthora</i> <i>Didymostilbe</i>	+ + +
	HEKE 27 (PR 107)	arbre nécrosé (sur encoche de saignée)	phloème	culture sur milieu maltéa	<i>Pythium</i>	+
ESSAI 4 FÉVRIER 1985	HEKE 25 p : 125 (GI ₁)	1 arbre nécrosé (encoche de saignée)	phloème	culture sur milieu maltéa	<i>Fusarium</i> <i>Pestalozzia</i> Champignons stériles Bactéries	+ + +
		4 arbres nécrosés (taches nécrotiques)	phloème	culture sur milieu maltéa	<i>Fusarium</i>	+ + +
ESSAI 5 AVRIL 85	SINGHE 51 (PR 261)	2 arbres non saignés nécrosés	phloème	culture sur milieu maltéa	<i>Botryodiplodia</i> <i>Fusarium</i> <i>Curvularia</i>	+ + + +
			bois (sous collet)	culture sur milieu maltéa	<i>Phytophthora</i>	+
		1 arbre sain non saigné	phloème	culture sur milieu maltéa	<i>Curvularia</i>	+
			bois	culture sur milieu maltéa	<i>Trichoderma</i> <i>Fusarium</i>	+ + +
	HEKE 25 p : 48 (GI ₁)	arbres saignés nécrosés	phloème	culture sur milieu maltéa	<i>Botryodiplodia</i> <i>Trichoderma</i> <i>Fusarium</i> <i>Pestalozzia</i>	+ + + + + +
			bois (sous encoche)	culture sur milieu maltéa	Phytiacées	+
		arbre avec encoche sèche non nécrosé	phloème (sous encoche)	culture sur milieu maltéa	<i>Fusarium</i> <i>Botryodiplodia</i> <i>Trichoderma</i>	

Tableau 14 : Résultats des diverses séries d'isolements réalisés à partir de tissus nécrosés



En complément à ces observations, l'examen microscopique de tissus en voie d'altération révèle que la progression de la maladie s'effectue préférentiellement par les parois des cellules. Elle provoque la désorganisation et l'oxydation des tissus atteints. Contrairement aux cellules cambiales qui demeurent saines, la nécrose affecte particulièrement les laticifères (coagulation interne du latex, existence de thyllosoïdes). Au plan ultrastructural, on constate une dégradation plus ou moins importante de la paroi cellulosique et surtout, une altération de la lamelle moyenne.

3) Développement de la maladie sur l'arbre

Le siège initial de l'infection paraît coïncider avec la lame brune précambiale. A partir de cette zone altérée, on assiste à une prolifération de petites lésions internes qui progressivement s'anastomosent et gagnent, de façon centrifuge, l'ensemble des tissus corticaux pour former des plages nécrosées externes qui dégènèrent puis se fissurent. Dans de nombreux cas, la majeure partie des tissus sous l'encoche ne produit plus de latex (fig.21) ; ce tarissement s'étend parfois aux racines latérales ainsi qu'à une partie du pivot (fig.22).

Compte tenu de la différenciation continue de nouvelles cellules par l'assise cambiale, la portion de tissus altérés est progressivement repoussée vers l'extérieur. Avec le temps, ce mécanisme permettant le rejet progressif des parties malades et la régénération d'une écorce apparemment "saine" explique la rareté des mortalités mais n'aboutit pas pour autant à la guérison de l'arbre car l'altération persiste au niveau de la zone cambiale. En effet, même après des arrêts de saignée de plus de 2 ans, la majorité des arbres malades présente à nouveau des problèmes de sécheresse totale ou partielle de l'encoche.

4) Caractéristiques biochimiques de l'écorce et du latex

Les analyses biochimiques démontrent qu'au niveau de l'écorce, l'activité peroxydasique augmente de façon spectaculaire dans les tissus nécrosés (de l'ordre de 1000 à 2000%). Ces perturbations sont décelables très au delà du front de progression apparent de la nécrose sur le tronc.

Au niveau du latex, les analyses des activités enzymatiques (glycosidase, cellulase, oxydases, etc.) et divers dosages (sucres réducteurs, caroténoïdes, extrait sec, indice d'éclatement, etc.) ont été interprétés par analyses multivariées. En premier lieu, elles différencient significativement les latex d'arbres sains et d'arbres nécrosés (fig.23). Ces derniers présentent en effet de fortes augmentations des teneurs en phosphate inorganique, en caroténoïdes et en matière sèche. Les perturbations métaboliques constatées sont maximales dès le premier stade de détection de la maladie ce qui montre que les symptômes extérieurs de la nécrose sont très tardifs par rapport à l'initiation du processus à l'intérieur des tissus.

En second lieu, la comparaison des paramètres biochimiques de latex (tabl.13) provenant d'arbres sains, d'arbres nécrosés et d'arbres atteints d'encoche sèche de surexploitation, permet sans ambiguïté de les discriminer par la teneur en caroténoïdes, l'extrait sec en caoutchouc, les activités polyphénol oxydase et l'indice d'éclatement des lutoïdes. Ceci démontre que la nécrose n'est pas un cas particulier d'encoche sèche due à une surexploitation ou à une surstimulation des arbres.

Ces différences observées au niveau des différents latex demeurent malgré tout d'ordre quantitatif et ne peuvent constituer des tests applicables à l'échelle agronomique. De ce fait, une recherche de marqueurs biochimiques facilement identifiables, permettant de détecter précocement des arbres atteints de nécrose, a été tentée en analysant par HPLC des latex fixés directement au champ. L'examen des premiers profils d'élution obtenus par cette approche indique des résultats intéressants qui nécessitaient encore une validation statistique par de nombreuses analyses de latex. Du fait de l'arrêt conjoncturel des opérations de recherches, ces compléments n'ont pu être effectués.

ETIOLOGIE

Cette maladie affecte essentiellement les hévéas adultes en exploitation mais elle a été également observée sur de jeunes arbres non encore saignés. Ce n'est donc pas l'exploitation de l'arbre qui est à l'origine de l'apparition de la maladie. Par ailleurs, l'analyse biochimique du latex fait également la part entre nécrose et encoche sèche physiologique.

Aussi, après examen bibliographique des diverses maladies du tronc de l'hévéa et comparaison avec la typologie des symptômes observés à la SOGB, seul le syndrome décrit par le RRIM en 1975 sous le nom de "Bark Necrosis", présente-il plusieurs similitudes avec la nécrose mais son étiologie demeure toujours inconnue. Lors du Colloque sur l'Hévéaculture à Colombo en 1984, il a été signalé que cette même maladie, inexistante à Ceylan, provoquait parfois de graves dégâts en Indonésie, au Nord de Sumatra. Paradoxalement, les pathologistes du RRIM rapportaient quant à eux, la quasi-disparition spontanée du Bark Necrosis en Malaisie.

En Côte d'Ivoire, différentes approches ont été suivies pour déterminer la cause de cette affection. La première consiste à faire des isollements à partir de portions d'écorces nécrosées. Après mise en culture pure, une importante flore fongique (dont *Phytophthora*, *Pythium*, *Colletotrichum*) et des colonies bactériennes ont été caractérisées (tabl.14). Les essais de réinoculations sur des hévéas sains n'ont cependant pas abouti. Les observations en microscopies photonique et électronique n'ont également jamais démontré la présence de filaments mycéliens ou de bactéries dans des tissus en cours d'altération. En parallèle, des traitements différentiels reposant sur l'application de divers pesticides spécifiques ont été réalisés dans des zones infestées. Après deux ans de pulvérisation hebdomadaires de fongicides et d'un bactéricide sur les troncs d'une population de près de 3000 hévéas, aucun effet bénéfique - soit curatif, par régression ou stagnation de la maladie, soit préventif par réduction du pourcentage d'apparition de nouveaux cas - n'a pu être décelé. Aussi, peut-on supposer que ces isollements ne révèlent en fait qu'une flore secondaire à caractère saprophytique ou de faiblesse.

La seconde approche concerne la recherche d'un agent pathogène de type virus, mycoplasme ou viroïde. Elle repose sur des essais de transmission de la maladie à des plantes saines par inoculation, par implantation d'écorce, par greffage ou par cuscutes, sur des tentatives de purification et d'extraction d'acides nucléiques à partir de tissus nécrosés et enfin, sur la recherche visuelle en microscopie électronique sur des extraits bruts et sur du matériel inclus. Toutes ces tentatives sont restées infructueuses. Il en est de même pour un essai d'antibiothérapie réalisé en injectant à des hévéas malades des solutions de Tetracycline ou de Streptomycine dont l'efficacité est démontrée contre des mycoplasmes, des bactéries et certains agents flagellés. Ces résultats tendent à infirmer le rôle causal d'un agent pathogène de type classique comme les virus, les bactéries ou les mycoplasmes. L'hypothèse d'un viroïde demanderait cependant à être approfondie.

En conclusion, toutes les tentatives mises en oeuvre pour déterminer la nature d'un éventuel agent causal se sont soldées par un échec, ou plus précisément, par une absence de résultats positifs durant la durée des recherches. Par contre, en ce qui concerne le Brown Bast, des chercheurs chinois viennent très récemment de signaler la présence de rickettsies dans le phloème d'arbres atteints.

EPIDEMIOLOGIE

1) Propagation et localisation de la maladie

En plantation, on distingue deux types de foyers :

- * Les nouveaux foyers sont constitués par un ou deux arbres qui présentent généralement des attaques récentes au collet (faciès ascendant).
- * Les anciens foyers sont formés par des alignements d'arbres malades dont certains sont sévèrement atteints. L'analyse statistique indique que cette répartition n'est pas le fait du hasard. Les corrélations hautement significatives entre la position de ces arbres et la sévérité des attaques indiquent une extension de ces foyers sur la ligne de plantation. A ce titre, la durée moyenne de propagation entre deux arbres est évaluée à 13 mois. Ces observations suggèrent une contamination latérale d'arbre à arbre. L'examen de

nombreux systèmes racinaires d'arbres malades mitoyens montre cependant que la propagation de la nécrose ne se réalise pas par les connections racinaires. En revanche, la majorité des arbres nouvellement nécrosés détectés de part et d'autre de ces foyers, présentent des nécroses au niveau de l'encoche. Ceci tend à conférer à la gouge un rôle dans la dissémination latérale de la nécrose. Sur ce point, un premier essai de désinfection systématique de cet outil entre chaque saignée d'arbre révèle une tendance qui doit être confirmée.

Le taux d'infestation des parcelles est très hétérogène. Une cartographie par classes de sévérité des attaques révèle cependant que les zones les plus atteintes sont préférentiellement situées en bordure de forêt ou des bas-fonds non plantés. La mise en évidence de ce gradient dans la répartition de la maladie entre les parcelles limitrophes et les parcelles plus en retrait permet de s'interroger sur l'existence d'un réservoir de l'agent causal (ou de son vecteur) ou sur l'incidence de facteurs édaphiques.

2) Conditions d'émergence de la maladie.

Pour préciser cet aspect, des inventaires botaniques et entomologiques ont établis les caractéristiques de sites sains et infectés. Par ailleurs, des analyses chimiques de terre prélevée au pied d'arbres sains et malades ainsi que des analyses de la composition minérale de leurs feuilles ont été effectuées. Pour les sols, les résultats obtenus après analyses multivariées des données, révèlent des corrélations significatives entre faibles valeurs de pH, fortes teneurs en Aluminium et la présence de la nécrose sur les hévéas (fig.24). Cette acidification consécutive à la désaturation des bases échangeables pourrait avoir une incidence sur la sensibilité des arbres à la maladie ou sur leur prédisposition à une infection. Au niveau foliaire, on parvient également à une discrimination entre arbres sains, nécrosés ou atteints d'encoche sèche, sur la base des teneurs respectives en Potassium, Phosphore, Manganèse, Aluminium et Zinc. Ces différences pourraient être utilisées comme marqueurs précoces pour détecter une infection encore en phase d'incubation.

3) Evolution quantitative de la maladie

Lors des premières enquêtes, la détection en plantation des arbres nécrosés par grattage systématique de portions d'écorce a révélé tout d'abord l'existence de nécroses sous-corticales chez des arbres apparemment sains mais qui étaient voisins d'arbres malades. En second lieu, plus de la moitié des arbres considérés comme atteints d'encoche sèche classique, présentaient en fait, après grattage, des symptômes internes de nécrose. Ainsi, globalement, le nombre réel d'arbres nécrosés était en 1984 près de deux fois supérieur à celui résultant d'une ronde de routine sans grattage de l'écorce.

La dynamique d'évolution de la maladie résulte d'enquêtes menées uniquement dans des parcelles âgées et fortement nécrosées ; aussi, en aucune manière, ces résultats obtenus ne sont-ils extrapolables à l'ensemble de la plantation. Cela étant, sur une population de près de 200.200 hévéas, la cinétique du pourcentage d'arbres nécrosés dénote une progression exponentielle entre 1982 et 1986. Le coefficient annuel d'accroissement de la maladie se situe entre 1,3 et 2,1. En 1986, les niveaux d'infestation variaient dans ces parcelles entre 15 et 30 % d'arbres malades. Actuellement, certains sites dépassent 50% de cas de nécrose mais, le pourcentage d'arbres totalement improductifs y est très variable.

En conclusion, les symptômes de la nécrose et sa progression en plantation militent en faveur de l'hypothèse d'une maladie de nature pathologique mais, pour l'instant, aucun argument décisif ne permet de la confirmer. Durant le temps imparti, les recherches entreprises par l'ORSTOM à la SOGB ont fait progresser les connaissances sur cette affection particulièrement complexe. Mais leur avancement aurait fortement bénéficié, d'une part, de la poursuite à Béréby des travaux engagés sur le sujet et d'autre part, d'une approche concertée plurilocale étant donné que, maintenant, l'existence de cette maladie paraît confirmée, non seulement dans d'autres plantations de la Côte d'Ivoire, mais également dans d'autres pays d'Afrique et d'Asie.

AUTEURS DES RECHERCHES

- | | |
|-----------------------------|------------------------------------|
| * Biologie et Epidémiologie | Nandris, Chrestin, Noirot |
| * Biochimie | Chrestin, Neff, Geiger |
| * Mycologie | Déclert, Nandris, Rio, Digbeu |
| * Virologie et Histologie | Thouvenel, Nicole, Giannotti |
| * Ecologie | Nandris, Hainnaux, Ferrer, Fedièrè |

Avec la collaboration des Responsables de l'Agronomie (DTA) à la SOGB

PHENOMENE DE L'ENCOCHE SECHE EN COTE D'IVOIRE

J. Commère
J.M. Eschbach
E. Serres

En Côte d'Ivoire, pour 38 000 hectares d'hévéas en production, le nombre d'arbres secs depuis le début des plantations est estimé à 2 millions. Cela représente environ 13 % d'arbres secs, soit 4940 hectares.

Facteurs influençant l'apparition d'encoche sèche.

Matériel végétal

Le clone

Plusieurs champs de clones ont permis d'établir une classification de la sensibilité des clones à la sécheresse d'encoche. Cette classification rejoint la typologie clonale établie à l'IRCA. Les clones à activité métabolique intense (PB 235, PB 5/51) sont sensibles à l'encoche sèche, les clones à métabolisme intermédiaire (GT 1, RRIM 600) ont une sensibilité moyenne, les clones à activité métabolique faible (PR 261) sont plus résistants au phénomène de l'encoche sèche.

Age de la culture

Tout clone confondu, il y a un accroissement de la quantité des arbres secs suivant leur âge. Cet accroissement est de l'ordre de 1 % d'arbres secs par an. Ce même taux est retrouvé pour le clone GT1 (fig.25).

Pratiques culturales

D'une façon générale toute pratique qui contribue à entraver les bonnes conditions de développement de l'arbre a tendance à augmenter le taux d'encoche sèche.

Influence de la vigueur

Une relation a été établie entre la vigueur des arbres et la maladie (fig.26). Les arbres les plus vigoureux sont moins sensibles à l'apparition d'encoche sèche. Cependant, lorsque les arbres sont atteints de sécheresse, leur métabolisme s'oriente non plus vers la production mais vers la croissance et la population des arbres secs devient significativement plus développée que celle des arbres en exploitation normale.

Figure 25: ENCOCHE SECHE
INFLUENCE DE L'AGE

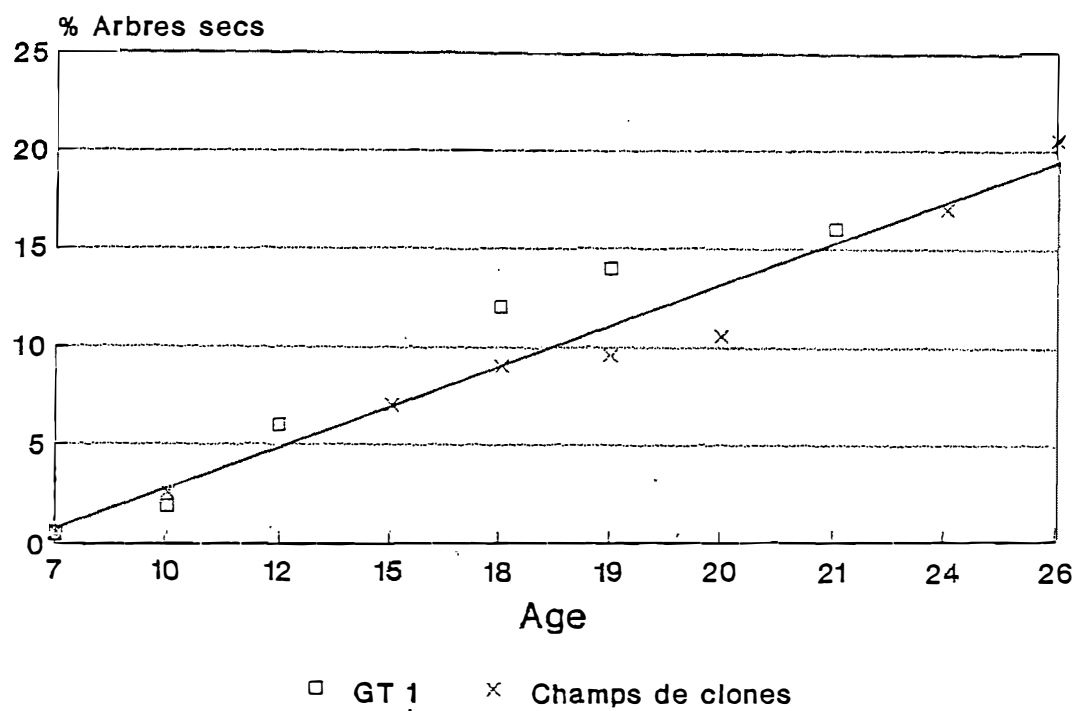
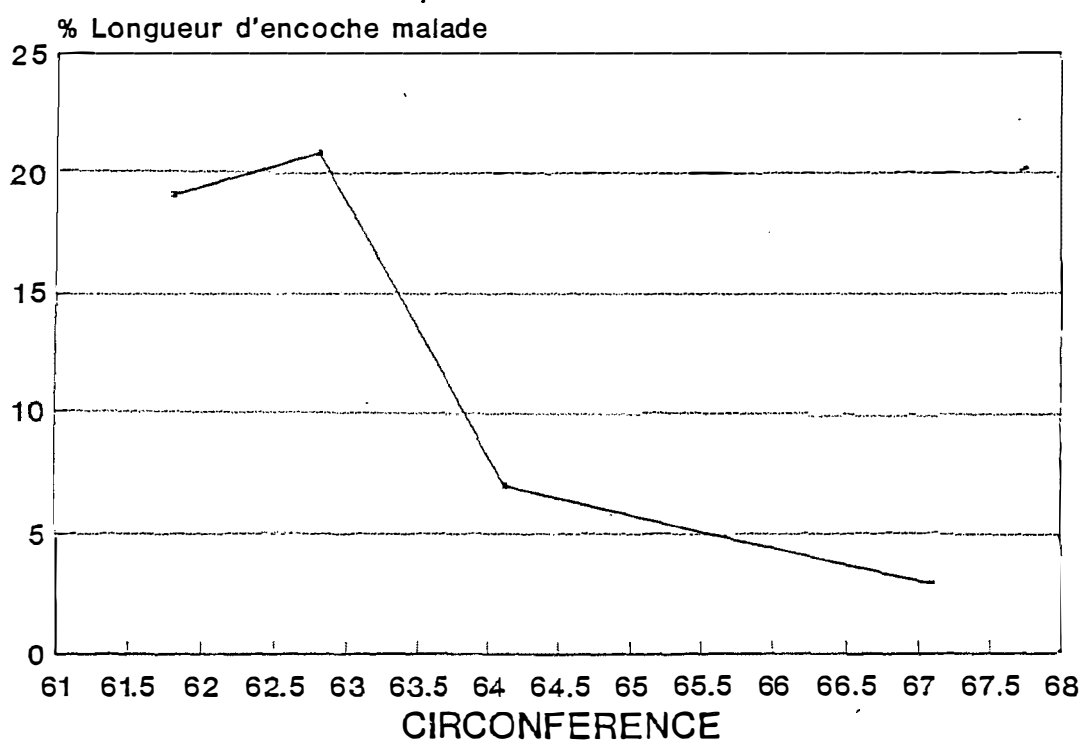


Figure 26: ENCOCHE SECHE
ET VIGUEUR DES ARBRES



Influence du dispositif de plantation

Sur un essai de densité, il a été possible de mettre en évidence que la maladie s'exprime plus fortement pour des arbres rapprochés sur la ligne. Une relation inverse très hautement significative a pu être trouvée entre la longueur totale d'encoche malade et la distance séparant les arbres (fig.27).

Influence du système d'Exploitation

Il y a une relation entre la hauteur de l'encoche et l'intensité de la maladie. Celle-ci est plus importante à l'approche de l'union sur le bas du panneau (fig.28). Le passage en saignée remontante permet de récupérer un certain nombre d'arbres secs sur leur panneau bas (fig.28).

Concernant les fréquences de saignée, les fortes fréquences ont tendance à présenter des taux plus élevés d'encoche sèche (fig.29).

L'intensité de la stimulation a également un effet très net que ce soit par l'augmentation de la concentration du stimulant (fig.30) ou par le nombre d'application annuelle (fig.31), la maladie a tendance à se développer.

La réduction de fréquence de saignée ou d'intensité de stimulation peut permettre la réduction de la longueur d'encoche malade (fig.32).

Le milieu

Influence saisonnière

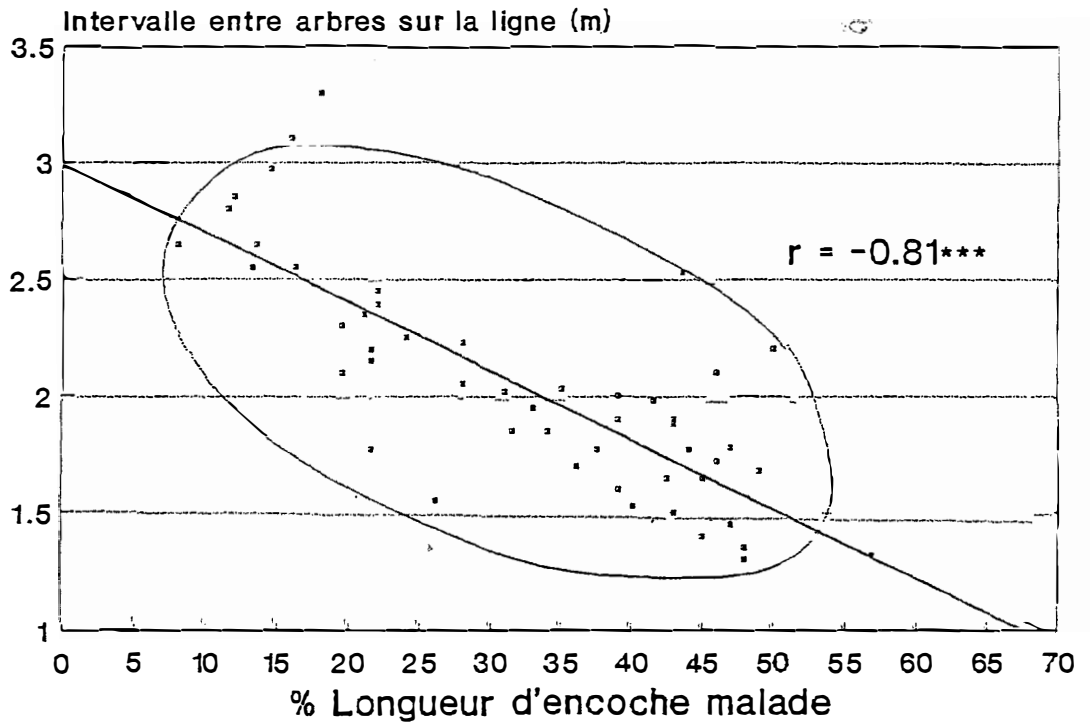
En Côte d'Ivoire, un plus fort développement d'encoche malade est observé sur les mois de juin, juillet (fig.32).

Plusieurs hypothèses ont été proposées sur le rayonnement (TUPY) ou sur la pluviométrie.

Le climat

Bien que nous n'ayons pas en Côte d'Ivoire d'hévéaculture en exploitation en condition marginale, le choix d'un climat régional est un critère prépondérant pour le choix d'un site de plantation. Les champs de comportement établies dans différentes régions climatiques procureront prochainement des renseignements sur ce point.

Figure 27: ENCOCHE SECHE
INFLUENCE DE LA DENSITE



PR 107 (1959)

Figure 28: ENCOCHE SECHE
HAUTEUR ET DIRECTION DE SAIGNEE

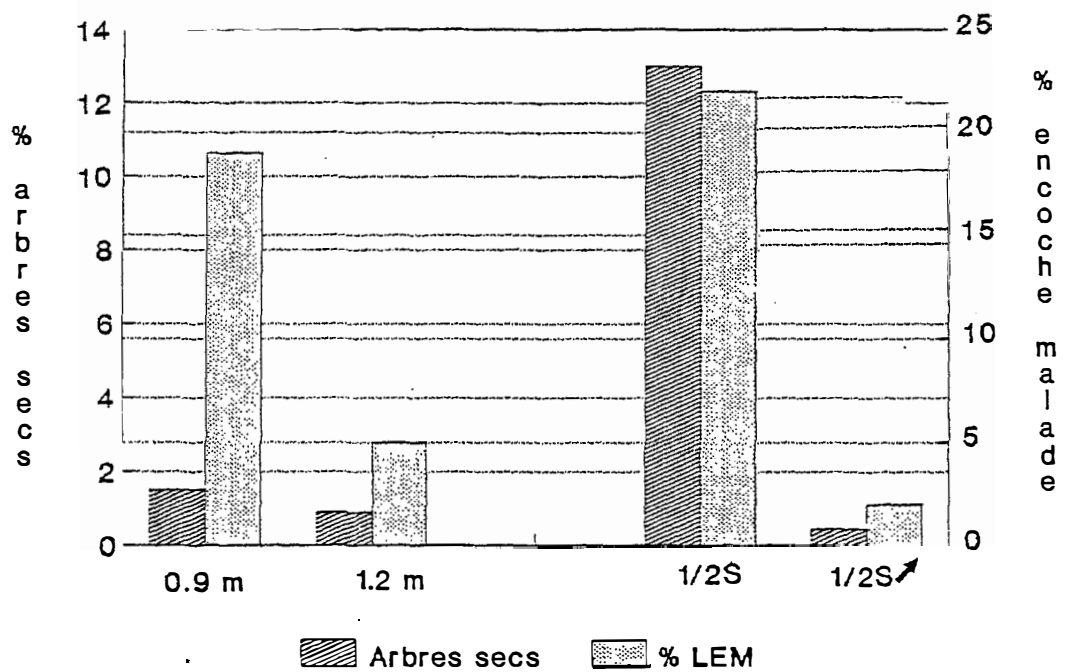
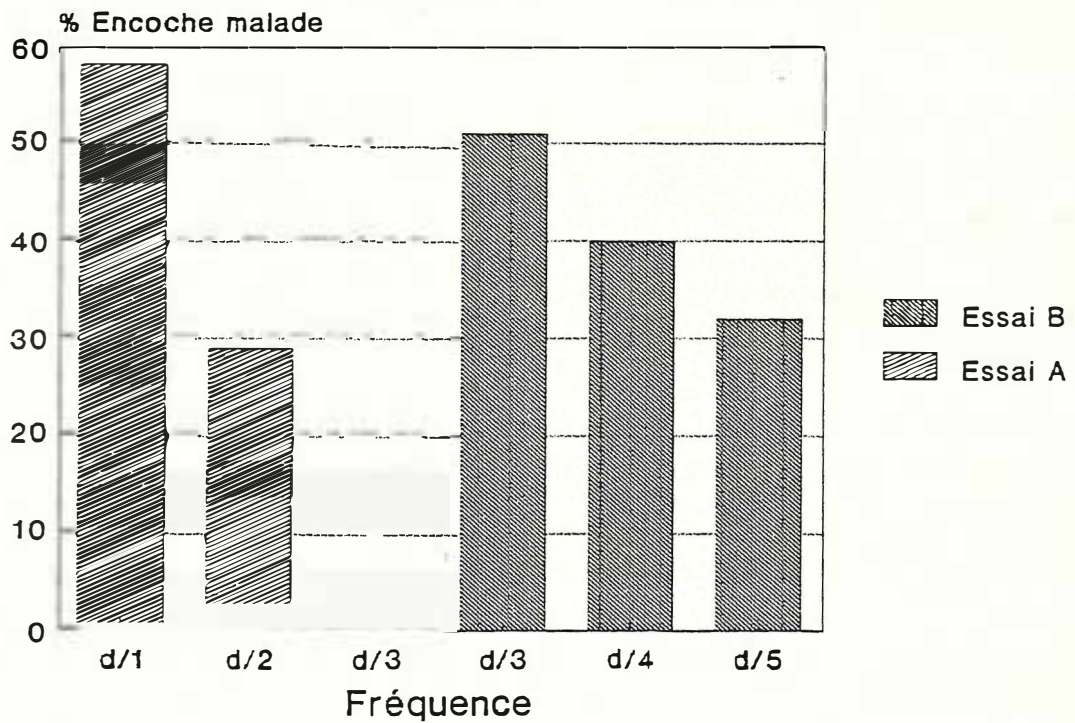


Figure 29 : ENCOCHE SECHE
INFLUENCE DE LA FREQUENCE DE SAIGNEE



(1/2 S)

Figure 30 : INFLUENCE DE LA CONCENTRATION
DU STIMULANT

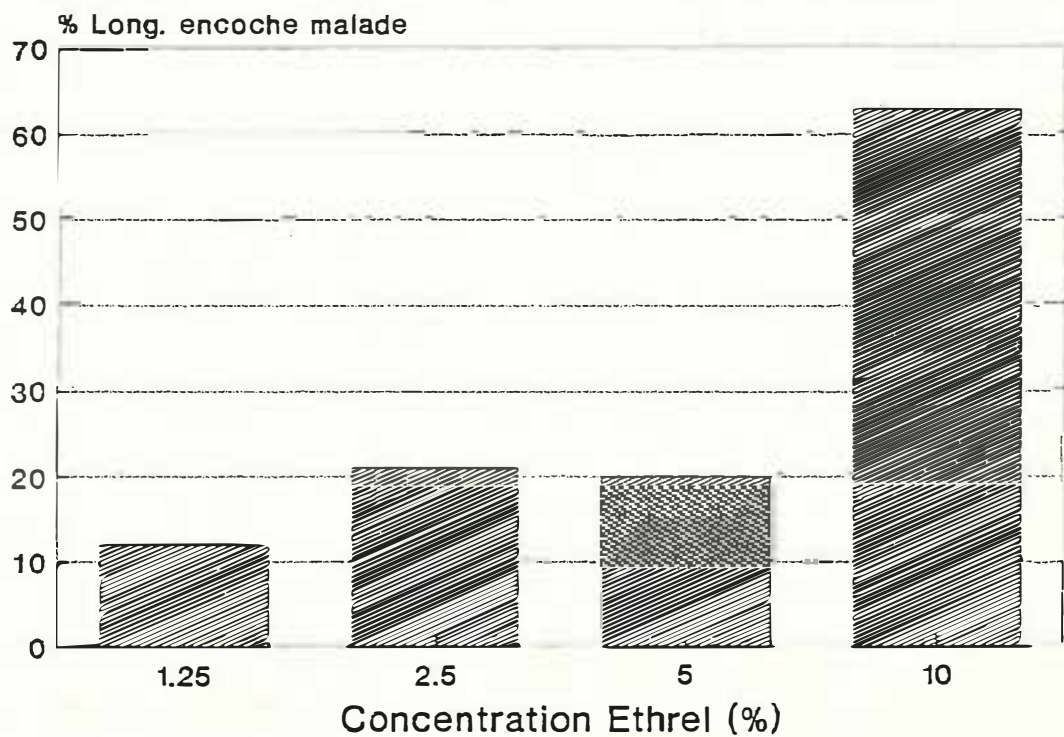
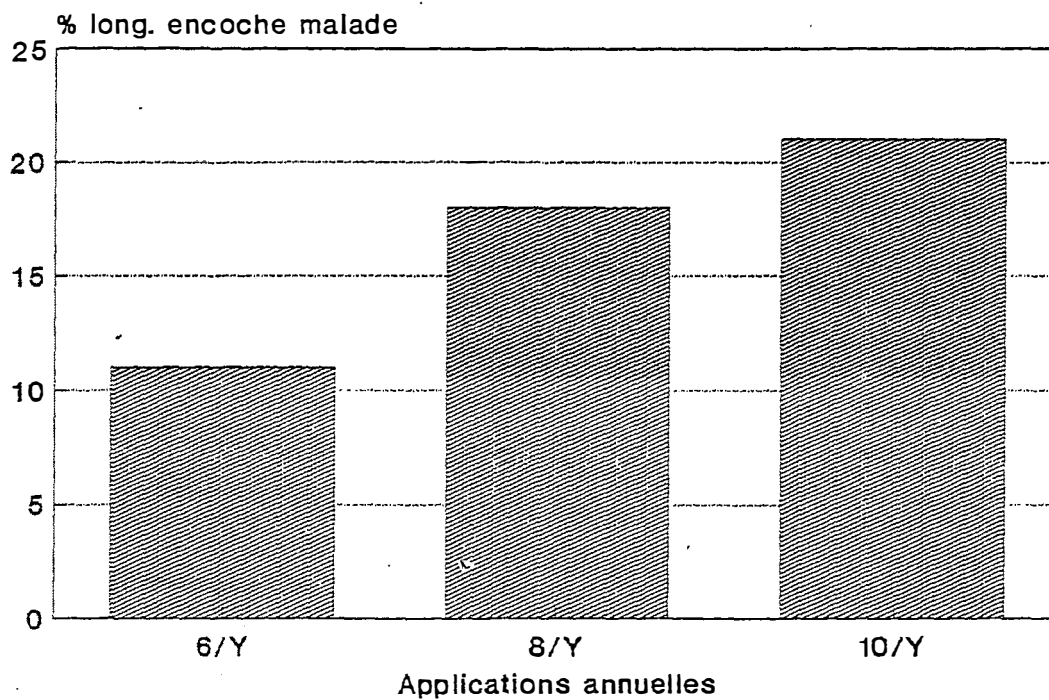


Figure 31: INFLUENCE DU NOMBRE
D'APPLICATIONS DE STIMULANT



GT 1 - OUVERTURE 1972
5eme année de saignée

Tableau 15 : ANALYSES DE SOL
CORRELATIONS AVEC % ENCOCHE SECHE

ARGILE	+ 0.88***
MATIERE ORGANIQUE	+ 0.72***
P assimilable	- 0.65**
pH	- 0.51*
Al	+ 0.70***
CEC	+ 0.76***

Les sols

Une forte variation inter blocs (toutes conditions égales par ailleurs) ayant été observée sur une plantation (fig.33). Des analyses de structure et de composition des sols ont permis d'établir des corrélations entre certains éléments et le taux d'encoche sèche (tabl.15). Ainsi le taux d'argile est positivement lié au pourcentage d'arbres malades ($r = +0,88^{***}$) tout comme le taux de matière organique ($+0,72^{***}$). Les corrélations qui sont apparues significatives entre les éléments minéraux du sol et le taux d'arbres secs sont les suivants : le Potassium total ($r = +0,73^{***}$), le Calcium total ($r = +0,54^*$) et le Magnésium total ($r = +0,52^*$), le Phosphore assimilable ($r = -0,63^{**}$).

Certains éléments du complexe absorbant comme le Calcium ($r = -0,61^{**}$), le pH ($r = -0,51^*$), la capacité d'échange ($r = +0,76^{***}$) et l'Aluminium ($r = +0,70^{***}$) présentent des corrélations significatives à très hautement significatives avec le taux d'arbres secs.

Des observations sur le développement racinaire ont montré pour les arbres secs un développement racinaire superficiel moins fourni.

Recommandations

Les recommandations de l'IRCA en matière d'encoche sèche s'attachent à favoriser tout ce qui améliore le développement de l'arbre d'où :

- choix de régions propices à l'hévéaculture,
- choix des clones,
- pratiques culturales adaptées :
 - . entretien, fertilisation dans le jeune âge
 - . système d'exploitation adapté au clone

Sur des plantations en exploitation, le diagnostic latex permettant de suivre l'état physiologique des arbres est un outil essentiel pour la conduite de l'exploitation.

En présence de la maladie, suivant l'intensité de développement et sa réversibilité, la première intervention consistera à réduire l'intensité d'exploitation (fréquence ou stimulation). Sur des arbres atteints de façon irréversible, la seule recommandation consiste à exploiter le plus rapidement possible les parties non atteintes par la maladie.

Il est à noter que parmi les expériences menées à l'IRCA, les isolations de panneau n'ont pas permis d'obtenir de résultats satisfaisants. Des premières expériences sur les antioxydants ont également mis en évidence l'inefficacité de certains produits.

PROPOSITION DE RECHERCHES SUR L'ENCOCHE SECHE

J.L. Jacob

Le problème de l'encoche sèche est important aux plans agronomique et économique, comme l'ont montré les exposés précédents et le Workshop international de Penang. Les recherches réalisées dans ce domaine ont été nombreuses et variées mais la complexité du phénomène n'a pas encore permis d'en mettre clairement en évidence les causes et d'en comprendre tous les mécanismes. Or l'efficacité de la lutte dépend essentiellement de la connaissance de la maladie et des agents qui l'induisent, la transmettent ou lui permettent de s'exprimer. Il faut donc continuer à travailler dans ce domaine, en coordonnant les efforts des agronomes, des physiologistes, des pathologistes dans une approche pluridisciplinaire et, dans la mesure du possible, en relation avec d'autres équipes (par exemple celles des Instituts de l'IRRDB) qui oeuvrent également sur ce sujet.

Au plan agronomique

Un certain nombre de recherches peuvent être fructueuses. Un grand nombre de données concernant l'Encoche sèche sur de grandes plantations et depuis plusieurs années sont disponibles. Cet inventaire doit être analysé, en essayant d'y associer le maximum d'informations de tout ordre, pour mettre en évidence l'évolution de la situation et tenter d'en comprendre la dynamique et les facteurs impliqués. L'encoche sèche semble être déclenchée par un stress. Il est donc nécessaire d'étudier et de confirmer l'influence de divers stress possibles.

- *stress de fatigue*

La surexploitation due à une sursaignée ou une surstimulation est susceptible d'induire l'encoche sèche. Celle-ci serait réversible dans un premier temps mais se transformerait rapidement en un type irréversible caractérisé par des symptômes spécifiques. En travaillant au niveau de la parcelle, des expériences de surexploitation suivies d'arrêts de saignée permettraient de confirmer la récupération possible du stade réversible et la non récupération du stade irréversible.

- *stress écoclimatique*

Un certain nombre de domaines doivent être explorés pour mettre en évidence ou confirmer l'influence de ce stress.

Disponibilité en eau du sol

Les paramètres aidant à estimer ce caractère doivent être étudiés. A cet égard, l'examen des champs de comportement situés dans des zones à pluviométrie très différente peut être utile.

Structure physique du sol

Certaines structures seraient capables d'induire des stress racinaires.

Composition organominérale du sol

Des carences ou des toxicités sont aussi facteurs de stress et certains résultats déjà acquis dans ce domaine doivent être confirmés. Le pH du sol dont dépend l'état organominéral, peut jouer un rôle non négligeable. Il est possible d'envisager des

expériences impliquant des comparaisons entre parcelles qui montrent une sensibilité à l'encoche sèche et qui seraient chaulées ou non.

- *Stress cultureux*

Certaines techniques culturales peuvent être à l'origine d'un stress (racinaire par exemple). L'examen d'un inventaire au niveau des parcelles peut apporter des éclaircissements à ce sujet.

Au plan physiologique

Des études biochimiques et cytohistologiques peuvent être continuées. Il faut réfléchir aux liaisons possibles avec la typologie métabolique des clones. La forte corrélation qui existe entre l'indice de plugging et la sensibilité à l'encoche sèche, est à vérifier. La recherche de caractéristiques biochimiques des latex issus d'arbres présentant divers types d'encoche sèche, est à poursuivre. Il en va de même en ce qui concerne la composition organominérale des écorces, et peut être des feuilles.

L'utilisation des techniques d'observation cytohistologique au microscope électronique à balayage permet un examen plus efficace et plus rapide des échantillons ; pour détecter des zones symptomatologiquement intéressantes qui pourront par la suite être étudiées avec des moyens plus puissants ou complémentaires. L'assistance d'un phytopathologiste est dans ce cas indispensable.

L'aspect pathogène de la maladie

Cet aspect est fortement envisagé. Un certain nombre d'observations (lignes d'arbres malades, propagation de la maladie dont on peut calculer le "pas épidémiologique", symptômes d'infection virale), conduisent à penser à l'expression d'un pathogène dans le cas de l'encoche sèche nécrotique irréversible, aucune preuve cytologique (présence de rickettsies, de mycoplasmes) ou biochimique (modification des zymogrammes ou des protéinogrammes) n'a pu être apportée d'une façon irréfutable.

Ce problème est cependant d'une importance capitale si l'on veut pouvoir lutter d'une manière moins aveugle sinon aléatoire.

L'aide des phytopathologistes est donc indispensable dans ce domaine.

Sur le terrain plusieurs sujets peuvent être envisagés :

- confirmation de l'influence des zones forestières sur l'apparition et l'intensité de la maladie grâce à des enquêtes ou l'analyse de données déjà recueillies,
- essai de mise en évidence d'agents vecteurs (l'expérimentation sur les transmissions par la gouge est à reprendre, le rôle d'insecte vecteur par utilisation d'insecticides peut être envisagé),
- essai de transmission contrôlée de la maladie ; bien que toutes les expériences dans ce domaine aient échoué, il est nécessaire de continuer cette étude en variant les techniques d'extraction de tissus malades et leur localisation, les méthodes d'inoculation (par exemple greffage de rejets obtenus à partir de recépage d'arbres malades),
- élimination ou isolement des arbres nécrosés pour observer s'il y a arrêt ou non de l'extension du Brown bast alentour.

Au laboratoire, les techniques de biologie moléculaire peuvent apporter un appui extrêmement efficace. En effet, l'hypothèse d'un agent viroïde responsable de la nécrose de l'écorce, est actuellement avancée. L'absence d'enveloppe protéique de ces pathogènes constitués de chaînes d'ARN bicaténaires libres, écarte la possibilité d'utiliser toute méthode immunologique de détection. Toutefois, il existe aujourd'hui trois sondes capables d'hybrider environ 85 % des viroïdes connus. Il serait donc très intéressant d'extraire les ARN messagers de latex issus d'arbres malades et de témoins sains afin de tester l'hybridation de ces sondes et de conclure à la présence ou non des viroïdes correspondants.

Conclusion

Si l'encoche sèche de surexploitation peut être évitée en adaptant le système de saignée et de stimulation au clone, l'encoche sèche nécrotique de type Brown bast est beaucoup plus difficile à combattre. Seules les réponses aux recherches envisagées précédemment peuvent en éclairant la ou les causes de cette maladie, permettre d'élaborer non plus en aveugle mais d'une manière réfléchie et donc efficace, une stratégie de lutte.

Toutefois, le problème des moyens pouvant être mis en service reste sans aucun doute le facteur limitant à ce programme difficile.

AGRONOMIE-GUYANE

ROLE ET OBJECTIFS DE L'IMPLANTATION DE L'IRCA EN GUYANE

F. Rivano

La Guyane (fig. 34) est un département français d'outre-mer de 90 000 km², couvert à 90% par une forêt tropicale humide dense. Située à 5 degrés au dessus de l'équateur, l'absence de cyclone rend la culture de l'hévéa possible dans cette région, malgré la présence de la maladie sud-américaine des feuilles (SALB) due à un champignon parasite *Microcyclus ulei*.

L'IRCA y possède une collection de clones depuis 1978 et un agent permanent y est basé depuis 1982.

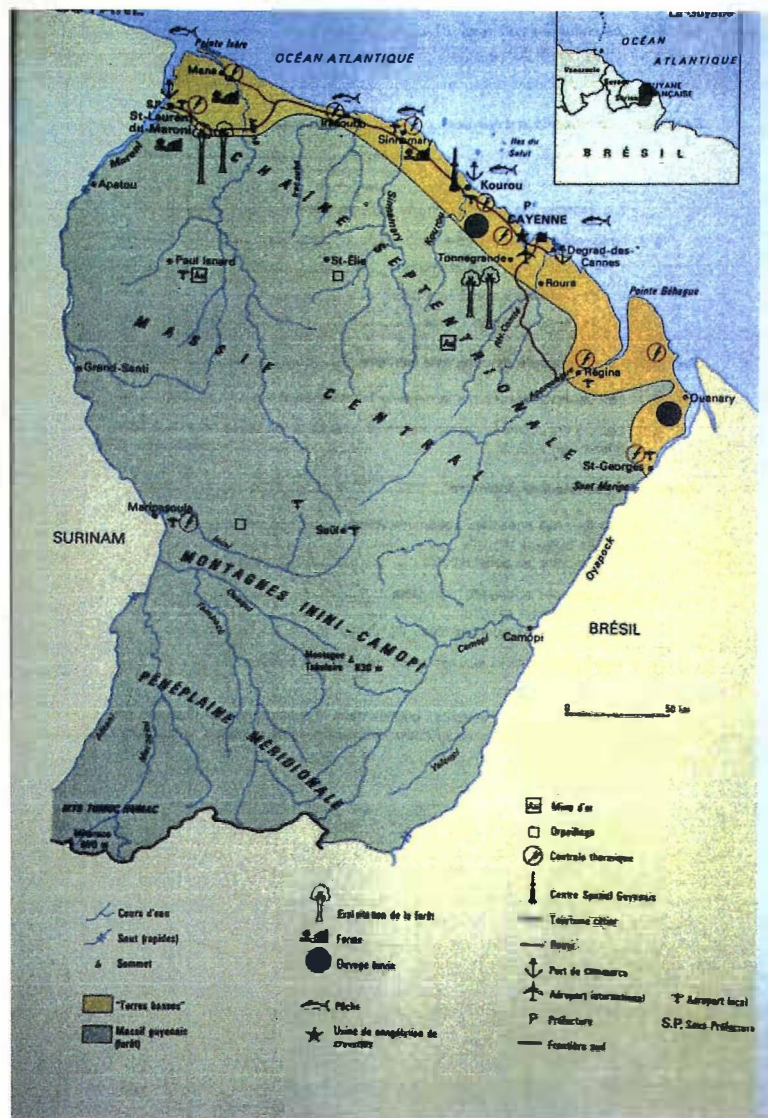


Figure 34

OBJECTIFS DE L'IRCA EN GUYANE (fig.35)

Maintenir une collection de clones d'hévéa la plus complète possible permettant à la station IRCA/Guyane de servir de base d'échange de matériel végétal.

Etudier la maladie sud-américaine des feuilles, en champ et en laboratoire, et sélectionner du matériel résistant au *Microcyclus ulei*.

Etudier le comportement, en conditions "SALB", des clones les plus prometteurs pour l'avenir.

Déterminer les données techniques appropriées à un développement de l'hévéaculture dans des conditions socio-économiques aussi extrêmes que celles de la Guyane.



Figure 35

DISPOSITIF ACTUEL

200 clones environ sont en collection en zone de forêt;

18 ha de champs clonaux, mis en place entre 1983 et 1987, permettent d'étudier le comportement d'une soixantaine de clones d'origines diverses, en présence de *Microcyclus ulei*;

un projet pilote de 20 ha, orienté vers le développement, est en cours de réalisation (contrat de plan Etat-Région 89-93);

un laboratoire de phytopathologie a été équipé au centre CIRAD de Kourou pour permettre les recherches sur le *Microcyclus ulei* (fig.36). Deux pépinières sous abri ont été installées à proximité du laboratoire. Une chambre d'incubation est en cours de construction pour réaliser des infections artificielles et étudier les relations hôte-parasite en vue de la sélection de clones résistants;

une mini-usine pour le traitement du caoutchouc sera mise sur pied d'ici la fin de l'année.

L'effectif actuel de l'IRCA en Guyane compte 3 personnes dont un VAT (volontaire pour l'aide technique) et un technicien de laboratoire.

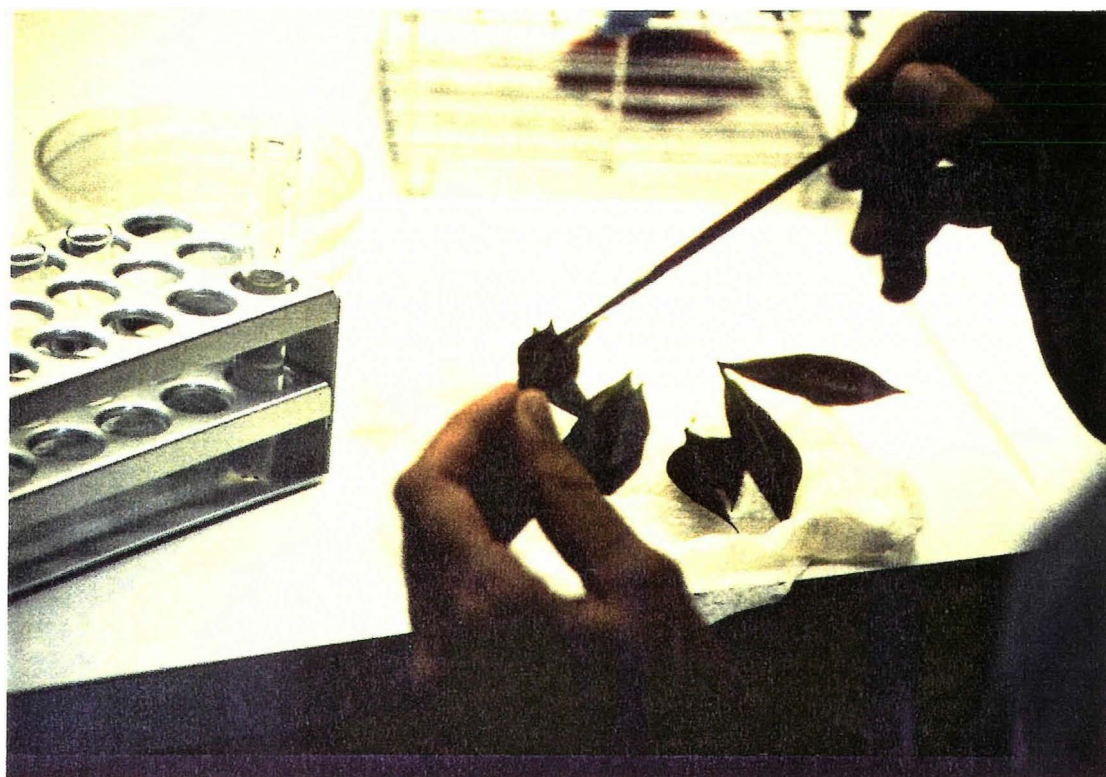


Figure 36

RESULTATS ACQUIS

Collections

importations de matériel végétal : Brésil, Guadeloupe, Côte d'Ivoire, Malaisie,...
exportations : Brésil, Guadeloupe, Colombie, Nicaragua.

Etude des clones

Croissance

Les premiers résultats provenant d'un champ comparatif à petite échelle de 5 ha, après 6 ans d'expérience, permettent de présenter dans le tableau 16 les 12 meilleurs clones selon la croissance.

* Courbes 89 de densité foliaire-phénologie

Des observations pratiquées tous les 15 jours ont permis de dresser des courbes de densité foliaire qui fournissent de précieuses indications sur la phénologie des clones et leur comportement vis à vis du *Microcyclus ulei* (fig.37 et 38).

Tableau 16

CCPE 5 HA, 6 ANS :		
CLONES	CROISSANCE 6 ANS, cm	SENSIBILITE SALB(0-12)
RD 38	52,9	0,5
CD 1078	52,8	4,5
RRIC 101	51,0	6,2
PFB 5	49,3	0,9
IAN 717	48,9	1,2
IAN 2878	47,8	0,8
IRCA 19	47,3	9,1
FX 2261	46,9	8
IAN 873	46,2	3,5
FDR 1305	45,7	4
FX 3864	45,3	6
PR 261	44,7	4,9
HRIN 600	41,1	4,8
IRCA 22	35,3	10,2
GT1	26,3	>12

Microcyclus ulei

Sur un champ comparatif à grande échelle (CCGE) de 5 ha comprenant 6 clones, nous avons pu suivre l'évolution de *Microcyclus* depuis le début de l'essai et nous avons pu mettre en évidence un certain nombre de facteurs quantifiables qui permettent d'évaluer et de comparer les niveaux de résistance horizontale de chaque clone.

C'est l'occasion de rappeler un concept fondamental pour notre étude ; dans un couple hôte-parasite, deux types de relations sont à distinguer

relations de type **qualitatif** : l'attaque réussit ou bien échoue selon que les deux partenaires possèdent ou non, l'un la virulence, l'autre la **résistance verticale** ou spécifique. Dans ce cas de résistance dite **complète** ou **totale**, le parasite ne se multiplie pas. Cette résistance est fragile car elle est monogénique ou oligogénique et peut être facilement contournée.

relations de type **quantitatif** : si l'attaque réussit, l'importance des dommages est fonction non seulement des conditions de milieu mais aussi de la balance entre la force de l'agressivité de l'agent pathogène et la vigueur de la résistance **horizontale** ou **générale** que lui oppose son hôte. Celle-ci est polygénique et repose sur un grand nombre de mécanismes complémentaires, qui confèrent à la plante une protection plus durable. Dans ce cas, il n'y a pas d'immunité absolue, mais les épidémies restent limitées et n'occasionnent pas de grands dégâts ; c'est pourquoi on parle aussi de résistance **partielle**.

Figure 37

COMBI 1 GT1 1988/1989
DENSITES ET STADES FOLIAIRES

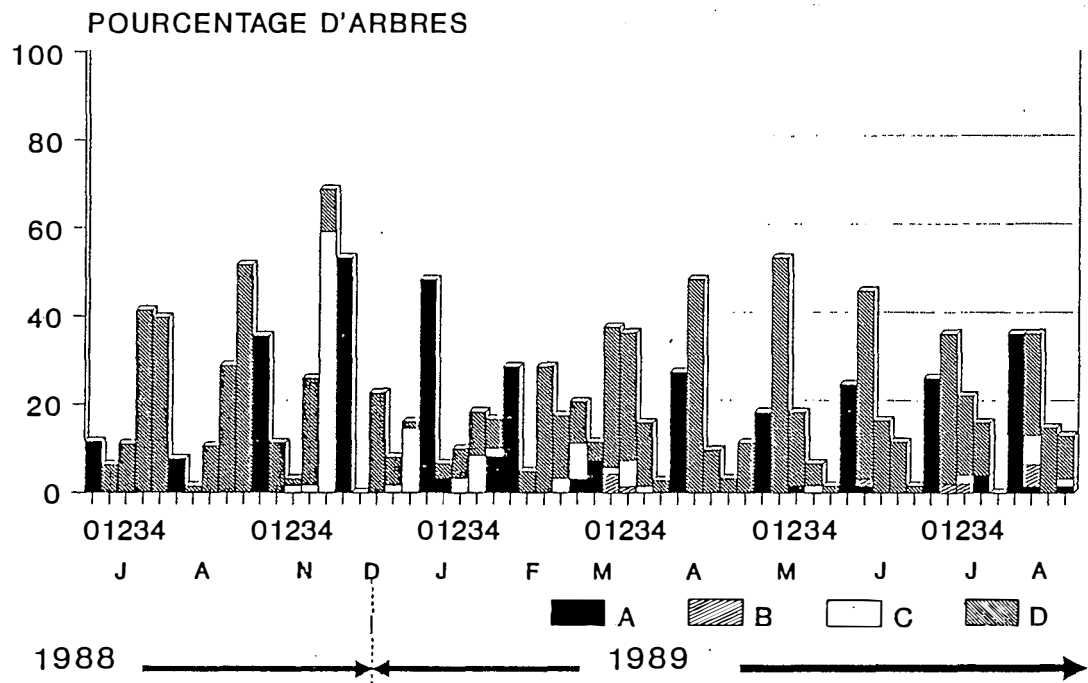


Figure 38

COMBI1 IAN 717,RO 38 88/89
DENSITES ET STADES FOLIAIRES

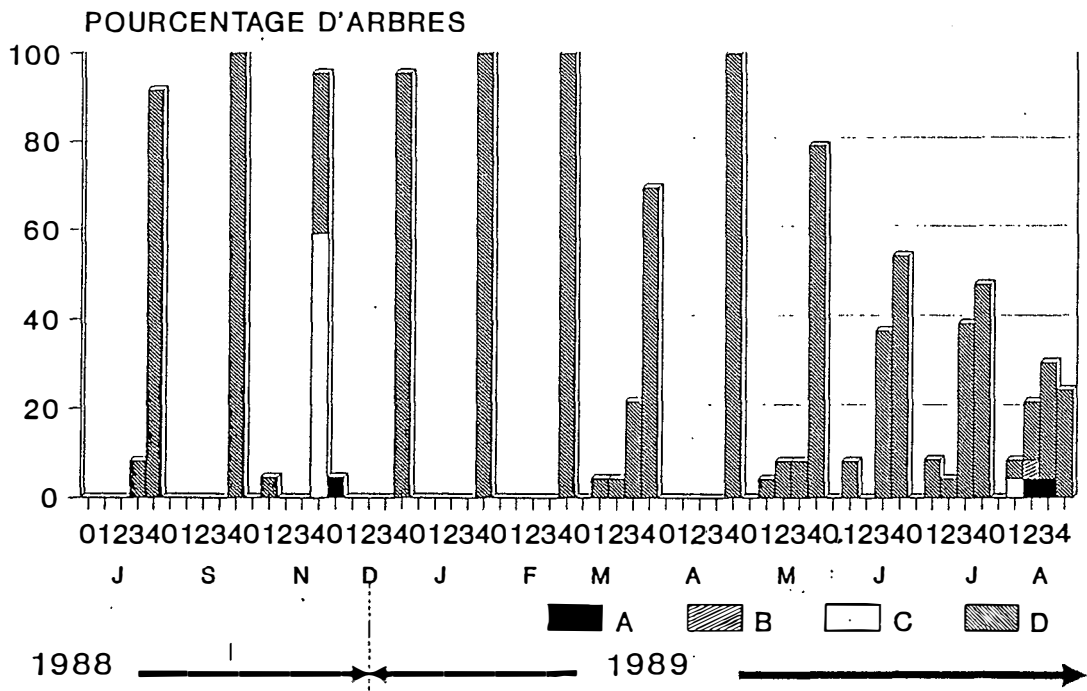
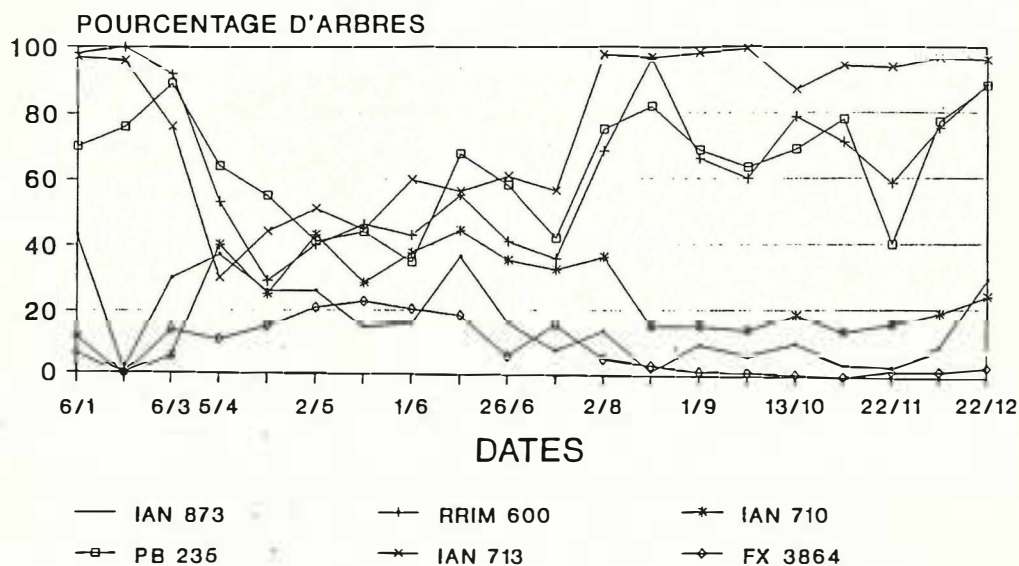


Figure 39

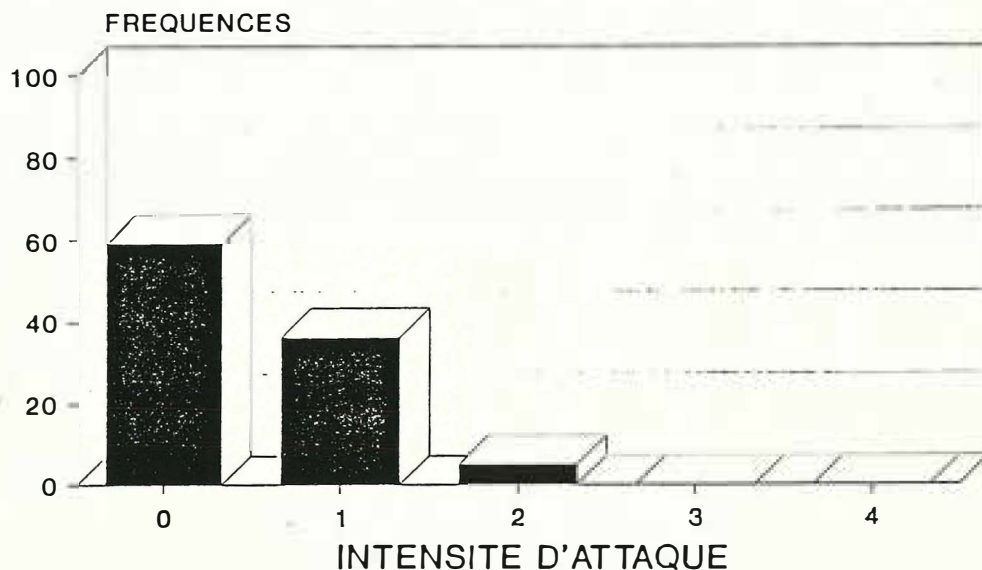
SENSIBILITE à MICROCYCLUS EVOLUTION DU % DE POINTES SECHES



IRCA/GUYANE

Figure 40

IRCA/GUYANE COMBI 6 TYPE 1 FREQUENCES DES NOTES DE SENSIBILITE SUR FEUILLES AGEES -1989



ex:GU 164-969;RO 38;IAN 717-873;RRIC130 TAUX P.S.<10 %

Cette résistance horizontale peut être évaluée en s'intéressant à plusieurs de ses composantes. Nous nous sommes ainsi intéressés à :

- la fréquence des pointes sèches,
- la déformation des jeunes feuilles,
- la densité du feuillage adulte,
- l'intensité d'attaque sur feuilles adultes,
- l'intensité de sporulation (piégeage de spores),
- le rythme de défoliation-refoliation,
- l'indice de feuillage sensible,
- l'accroissement annuel de circonférence (indicateur de vigueur),
- la vitesse d'évolution de la maladie,

A ce jour, les facteurs étudiés qui nous ont permis d'arriver à la meilleure discrimination clonale sont :

- le facteur "pointes sèches",
- la déformation des jeunes feuilles,
- l'accroissement.

Le tableau 17 rassemble les résultats obtenus pour ces facteurs en 1989 :

CLONES	TAUX DE P.S. (% d'arbres)	INTENSITE DE DEFORMATION JF		CROISSANCE 4ans	
		Indice 0 à 100		Circf. en cm	Accr.1 an, cm
FX 3864	17,7 a*	43,1	a	29,1	11,5 a
IAN 710	23,8 b	59,3	b	29,2	9,5 b
IAN 873	34,3 c	57,1	b	30,7	12,3 a
RRIM 600	45,3 d	65,1	c	25,4	7,3 d
PB 235	49,4 d	82,4	d	26,9	9,5 b
IAN 713	55,4 e	80,3	d	24,7	8,4 c

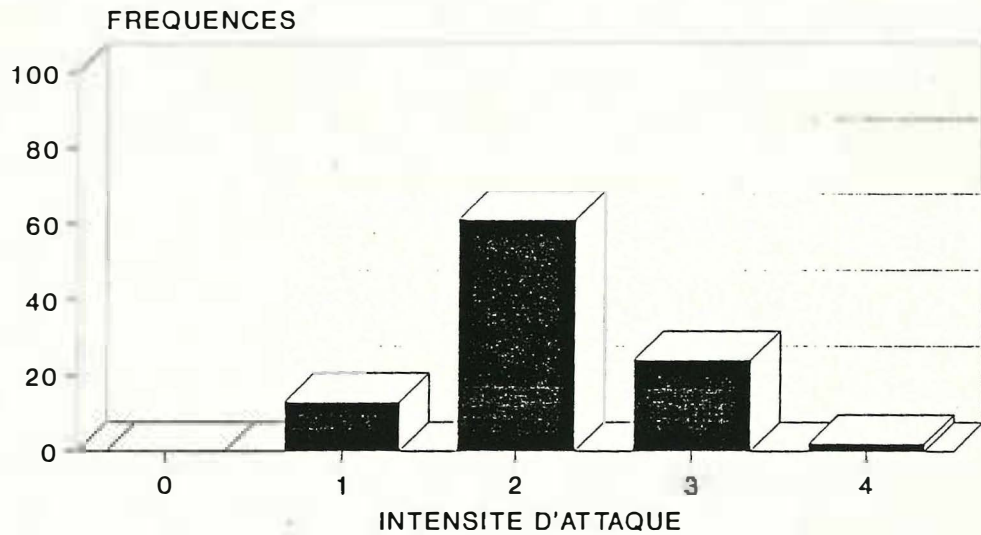
* Les traitements affectés d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différents.

On peut en conclure que les meilleurs comportements sont obtenus avec les clones sud-américains, à l'exception de IAN 713. A signaler cependant un accroissement annuel relativement satisfaisant pour le clone PB 235 (fig.39).

Figure 41

IRCA/GUYANE

COMBI 6 TYPE 2

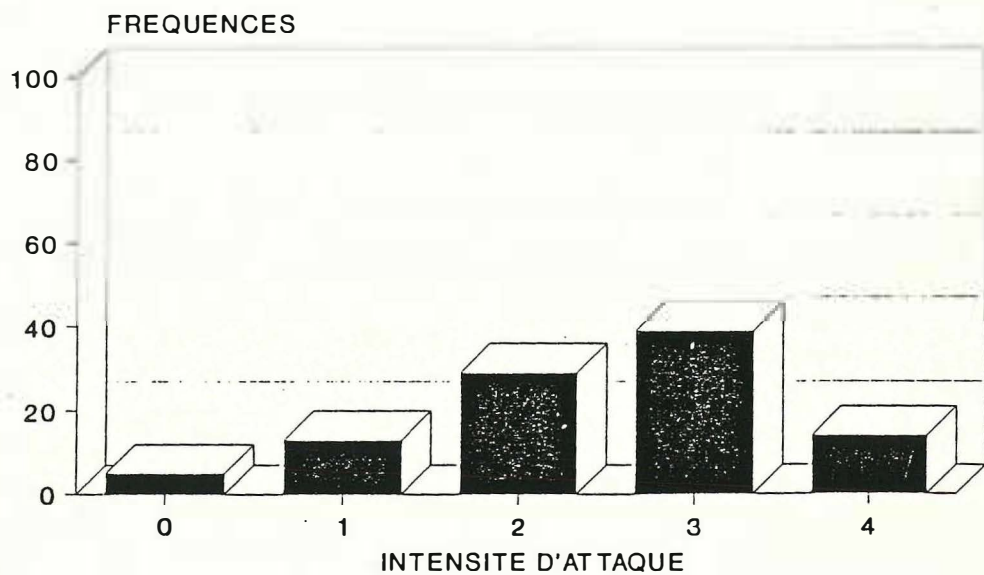
FREQUENCES DES NOTES DE SENSIBILITE
SUR FEUILLES AGEES-1989ex:RRIC 101,IRCA 111-621,PB 217-311
IRCA 18-109

TAUX P.S.< 20 %

Figure 42

IRCA/GUYANE

COMBI 6 TYPE 3

FREQUENCES DES NOTES DE SENSIBILITE
SUR FEUILLES AGEES-1989

ex: PB 235,IRCA 19-229-331,PR 255 TAUX P.S.>20 %

Champ d'observation de clones (1,5 ha) :

30 clones sont en expérience, à densité de 625 arbres/ha, depuis deux ans et demi. Les observations relatives aux maladies de feuilles ont permis de différencier les clones suivant le type de résistance rencontrée (verticale ou horizontale), et suivant le niveau de résistance générale. Les facteurs étudiés sont :

- l'intensité d'attaque sur jeunes feuilles,
- l'intensité d'attaque sur feuilles âgées,
- le taux de pointes sèches,
- la présence de sporulation,
- la présence de la forme sexuée,
- la croissance.

Nous avons pu ainsi distinguer :

- des clones présentant une **résistance totale** (pas de sporulation ni de forme sexuée) : GU 164-176-198-969, RO 38, IAN 717-873-2878-3087, RRIC 130-132;
- des clones présentant une **résistance partielle** ...,
 - + de bon niveau : CD 1078, IRCA 652-519-621-111; RRIC 101, PB 311, IRCA 18, PB 217;
 - + de niveau moyen à faible : IRCA 109, PB 235, PR 255, AVROS 2037, IRCA 19-209-229-317-331.

Les figures 40, 41, 42 représentent, pour chaque cas signalé précédemment, les fréquences des sensibilités mesurées en 1989.

Le dispositif de cette expérience nous paraît assez performant pour tester un grand nombre de clones en plein champ, en 2 ans et demi de temps. Les 5 paramètres utilisés nous permettent une première sélection efficace : sur 30 clones, 2 seulement ne nous ont pas permis de conclure.

LABORATOIRE

De grands progrès ont été réalisés dans la maîtrise du champignon : isolement, culture, conservation, multiplication, inoculation artificielle. L'outil est donc maintenant au point pour des études plus fines des relations hôte-parasite (fig. 43).

EVOLUTION SOUHAITEE DE L'IRCA EN GUYANE

L'IRCA souhaite développer en terre française, et en même temps dans une région d'Europe, une véritable station de recherche hévéicole disposant d'installations minimum nécessaires pour répondre aux besoins de l'IRCA et de nos partenaires étrangers (recherche, développement, formation). Cette station deviendrait alors un relais, ou une base centre, de l'IRCA pour l'Amérique du sud.

Recherche :

- renforcement du programme *Microcyclus*/Amélioration (phytopathologie, physiologie, biologie moléculaire); développement d'une coopération Brésil/Michelin/IRCA Guyane/IRCA Côte d'Ivoire;

Figure 43
Culture in vitro de Microcyclus et infection de feuilles d'hévéas
en conditions contrôlées.



initiation d'une "action" culture *in vitro* avec mise en place d'un atelier de production de microboutures (cellule d'acclimatation);

création d'un laboratoire de physiologie (D.L., biologie moléculaire);

développement d'un programme de technologie (laboratoire, plantation de 20 ha) pour mener des recherches sur le latex, la physique du caoutchouc, l'usinage du caoutchouc, etc...

Développement :

Nous devons, à la demande de la région, participer au développement de l'agriculture guyanaise du 21ème siècle. Pour cela nous devons mettre en place, dès aujourd'hui, un programme de recherche dont le but est de prouver la rentabilité de l'hévéaculture dans des conditions aussi exceptionnelles de cherté de la main d'oeuvre. Il importe donc de réduire les coûts d'exploitation et de favoriser la productivité du saigneur (saignées à basse fréquence, densité de plantation, etc...).

Ce type de recherches devrait intéresser fortement tous les pays où le coût de la main d'oeuvre risque dans un avenir proche de subir une forte augmentation et d'y compromettre le développement de l'hévéaculture.

La station IRCA doit servir de base d'assistance technique à ce développement, espéré en Guyane, d'une hévéaculture villageoise .

Coopération inter-régionale, formation :

L'IRCA commence à rayonner en Amérique latine grâce aux installations dont elle dispose en Guyane (collections, plantations, laboratoires, usine). La fourniture de matériel végétal et les missions d'expert en sont une illustration, mais il faut aussi penser à la **formation** par l'IRCA de cadres français et de stagiaires étrangers, et aux recherches dont la France aurait l'exclusivité, en milieu tropical et au pied des hévéas.

Discussion

M. Bichat : Ce qu'a exposé M. Rivano est un très bon exemple de ce qu'on peut faire dans les départements français: répondre aux besoins locaux et constituer une base pour rayonner en Amérique du sud. Cette politique est d'actualité. Une réunion avec la présence du Premier Ministre se tiendra du 5 au 7 avril en Guyane pour mettre en place un comité analogue à celui qui fonctionne dans le Pacifique. Il aura pour mission de coordonner et d'amplifier les actions menées dans les départements français d'Amérique pour leur propre développement et pour leur rayonnement dans la zone. Une table ronde sur la recherche est prévue. Je dois essayer de participer à ces discussions.

La Commission des Communautés Européennes est décidée à renforcer le rôle des départements et territoires européens d'outre-mer dans le domaine de la recherche. Nous allons être chargés au niveau du CIRAD de faire des propositions pour créer dans les départements d'outre-mer européens (français, portugais, néerlandais, espagnol et anglais) des centres de recherches européens qui joueraient le double rôle défini par Rivano. La Guyane va jouer un rôle pilote car il y a une grande sensibilité des autorités politiques aux problèmes de la recherche, agronomique notamment. La Guyane est la première région française à avoir déposé auprès de la DG 16 un projet assez ambitieux pour créer un centre situé probablement à Kourou pour accueillir des programmes de recherche et pourquoi pas sur l'hévéa.

Je voudrais dire à tout le monde, une fois de plus, que je suis impressionné par les débats que vous tenez au sein de ce Conseil scientifique. Mon vœux le plus cher serait que ce type de manifestation se développe dans tous les départements et dans tous les programmes du CIRAD. Je veux remercier tous ceux qui prennent de leur temps pour participer à ces réunions (je sais que leur emploi du temps est cependant très chargé); mais s'ils viennent c'est parce que l'IRCA fait des prestations de très grande qualité et qu'ils n'ont pas du tout l'impression de perdre leur temps.

Sur les problèmes de recherche-développement, ce qu'a dit M. Rémy est très important: on a besoin d'être stimulé par le développement. J'invite tous les planteurs, tous les industriels à nous pousser l'épée dans les reins, à prendre l'initiative. Je sais ce qu'on apporté les CETA (Centres d'Expérimentation Technique Agricole) en France, ces clubs de 20 à 30 agriculteurs, qui essayaient l'expérimentation à leur niveau et qui ont joué un fantastique rôle de stimulant pour l'agriculture française. Au CIRAD on doit encourager les agriculteurs et les grandes plantations à ne pas être passifs dans la recherche; d'autant plus que l'agronomie étant la science des localités il y a toujours des adaptations à faire et cela prépare aussi les agriculteurs à être réceptifs au message qu'on veut leur faire passer.

TECHNOLOGIE

MODIFICATION PAR LE CAOUTCHOUC LIQUIDE DE LA VISCOSITE EN MASSE DU CAOUTCHOUC AU COURS DE SA MISE EN OEUVRE

H. de Liyonnière - Dr J.L. Leblanc

Le présent document est un résumé d'une communication présentée par le Dr Jean Leblanc au cours de la conférence internationale d'Abidjan sur le développement des applications du caoutchouc naturel liquide.

INTRODUCTION

La "modification de la viscosité en masse" (bulk viscosity modification) est un concept original développé par le Dr Leblanc à l'occasion de travaux fondamentaux en rhéologie du caoutchouc.

Il précise qu'un matériau, polymère liquide, compatible avec l'élastomère mis en oeuvre, interfère avec les enchevêtrements des chaînes polymériques de façon à induire, au cours de l'écoulement, une diminution des effets élastiques, un changement des conditions de glissement avec, comme conséquences, une augmentation du débit de l'extrudeuse (à contrainte ou pression équivalente), un meilleur aspect du profilé obtenu et un moindre gonflement à la filière.

Pour répondre à la qualité de "modificateur de viscosité en masse" (Bulk Viscosity Modifier ou BVM), un adjuvant doit :

- être totalement compatible avec l'élastomère,
- avoir une structure d'oligomère linéaire,
 - avoir un poids moléculaire inférieur ou équivalent au poids moléculaire critique de l'élastomère; un élastomère avec une masse moléculaire en nombre d'environ 5000 se comportera comme un modificateur de viscosité en masse de la plupart des caoutchoucs d'usage général (NR, SBR, EDPM et BR, soit plus de 75 % de la consommation totale en élastomères),
- être covulcanisable avec l'élastomère.

Le caoutchouc liquide obtenu par dépolymérisation du caoutchouc naturel (selon le procédé développé par l'IRCA), présente les caractéristiques d'un modificateur de viscosité en masse.

L'intérêt du caoutchouc liquide comme BVM a été mis en évidence à différentes étapes de la mise en oeuvre :

- mélangeage,
- rhéométrie capillaire,
- extrusion.

MÉLANGEAGE DES CAOUTCHOUCS

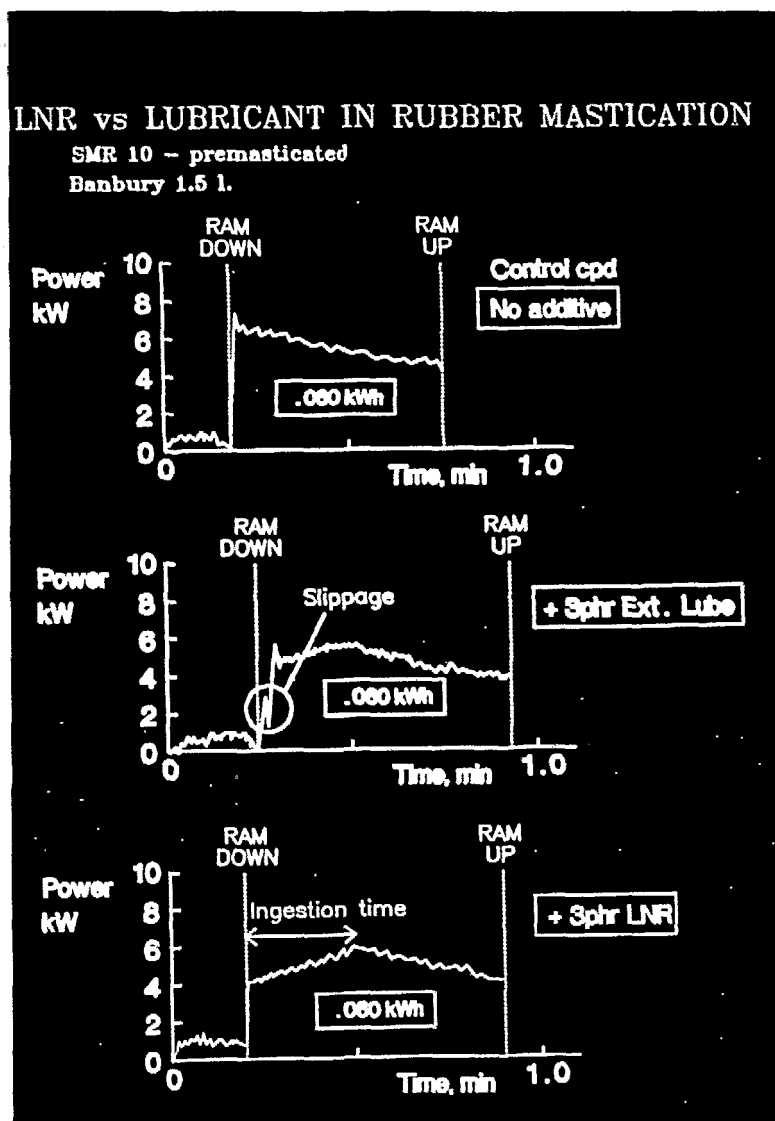
1. Malaxage du caoutchouc naturel dans un mélangeur interne à énergie constante dans trois formulations :

témoin,
3 pcc (ppc : pour cent de caoutchouc) acide gras,

3 pcc LNR.

Un LNR ($M_n = 4600$) a été comparé avec un lubrifiant externe (mélange d'acide gras) au cours de la première étape d'une procédure de mélangeage standard, avec un mélangeur interne à rotors tangentiels (Banbury BR), équipé d'un intégrateur de puissance. Cette première étape consistait à malaxer le caoutchouc (SMR 10) jusqu'à ce que l'intégrateur de puissance indique 0,060 kWh. La figure 44 montre les différences de comportement importantes par rapport au malaxage du caoutchouc sans additif. La courbe de puissance enregistrée avec le caoutchouc seul a une allure typique, avec un pic initial suivi d'une diminution rapide de la puissance consommée. En présence de 3 ppcc de lubrifiant externe, il y a un retard du pic de puissance dû à des phénomènes de glissement. En présence du LNR (3 pcc), la montée en puissance suit instantanément la fermeture de la chambre du mélangeur par le piston, mais le pic est plus faible et décalé d'un temps qui correspond à l'ingestion de l'additif par le caoutchouc.

Figure 44



2. Réduction de l'énergie de mélangeage

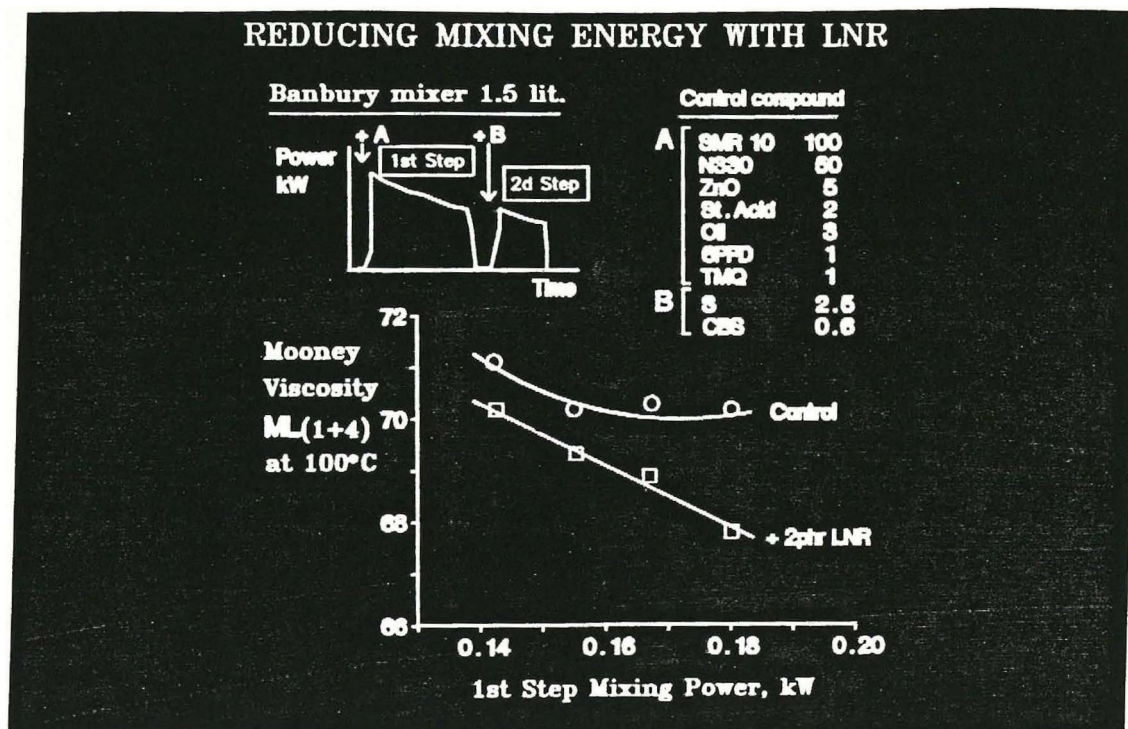
Dans une autre série d'expériences, on a préparé des mélanges de caoutchouc naturel (SMR 10 - 50 ppcc N330) dans un Banbury de 1,5 litres, selon un cycle en deux étapes contrôlé à

l'énergie. La procédure était la suivante :

Opérations	Puissance consommée (kWh)	
- Introduction des ingrédients	0	
- Dépoussiérage et addition des agents de vulcanisation	0,18	
- Décharge	0,25	

Des mélanges identiques ont été préparés en réduisant la consommation énergétique dans la première étape de 7, 14 et 21 %. Les mêmes essais ont ensuite été réalisés en ajoutant 2 parts de LNR (Mn = 5300). La viscosité des mélanges est mesurée au rhéomètre Mooney à 100 °C. Les résultats sont repris dans la figure 45. A niveau d'énergie de mélangeage équivalent, l'addition de LNR diminue la viscosité de deux points. En outre, la viscosité du mélange modifié dépend étroitement de la puissance consommée, au point que l'on peut obtenir un mélange de même viscosité en réduisant l'énergie de mélangeage de quelque 20 %.

Figure 45



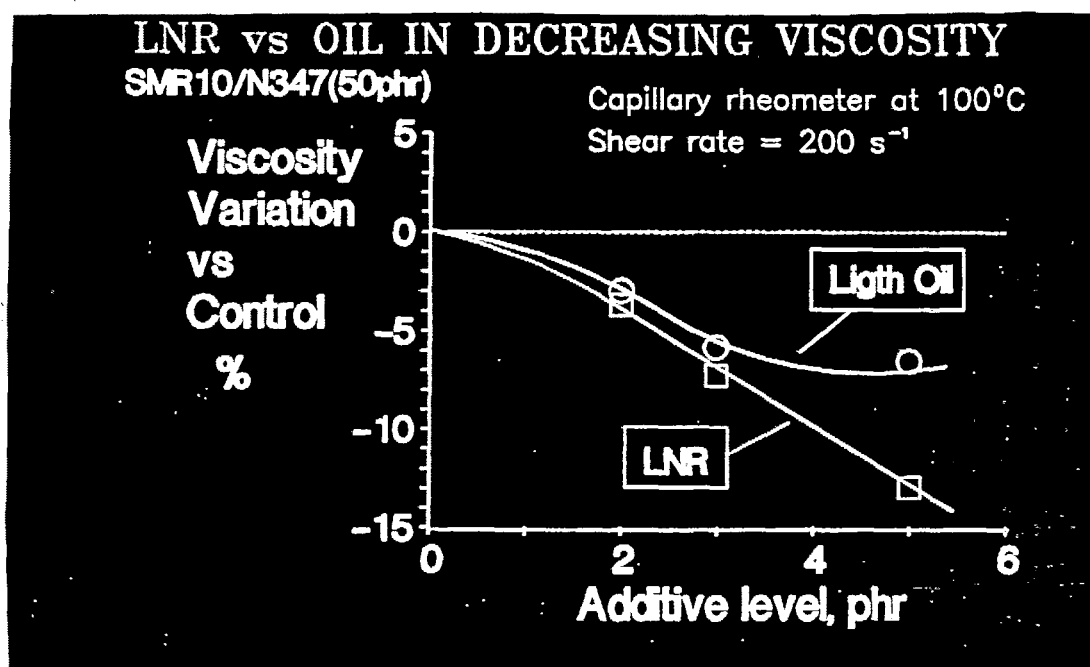
Dans le cas de formulation ne présentant pas de difficultés majeures de mélangeage, les modificateurs de viscosité en masse comme le LNR permettent d'envisager des économies énergétiques substantielles par l'adaptation des procédures. Cependant, le potentiel probablement le plus intéressant de cette classe d'additifs réside dans la possibilité de préparer des formulations

difficiles, voire impossibles à mélanger ; par exemple, des mélanges de haute dureté à taux d'huile minimum, ou encore des mélanges avec des quantités importantes de noir très structurés.

RHÉOMÉTRIE CAPILLAIRE

La figure 46 montre la variation de viscosité d'un mélange de caoutchouc naturel en fonction du taux de LNR (Mn = 5600). La diminution de viscosité est proportionnelle au taux de LNR, sur la totalité du domaine de vitesse de cisaillement considéré, de l'ordre de -3 % pour 2 parts de LNR, jusque -13 % pour 5 parts. Par ailleurs, l'effet du LNR a été comparé avec celui d'une huile paraffinique. Les résultats obtenus correspondent tout à fait aux prédictions des modèles proposés pour l'action des additifs de mise en oeuvre. Ainsi, tandis que la viscosité (vraie) diminue continuellement avec des teneurs croissantes en LNR, on observe que l'huile n'a plus d'effet lorsque sa concentration excède 3 parts.

Figure 46



EXTRUSION

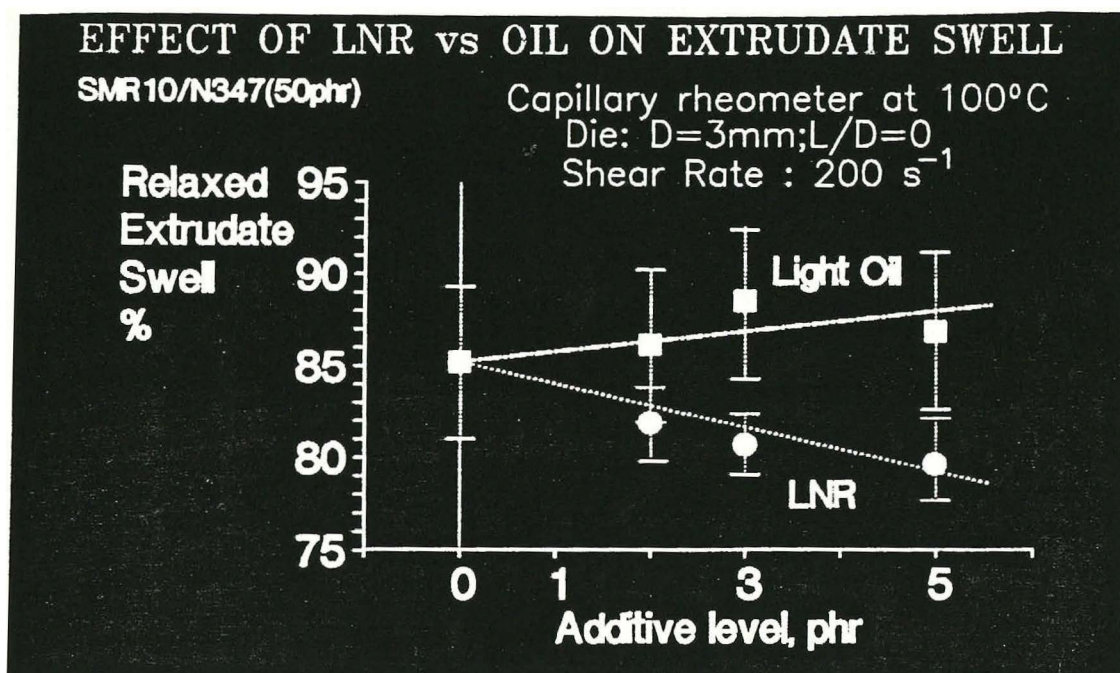
sur rhéomètre capillaire

Des essais ont été réalisés avec des mélanges de caoutchouc préparés avec des niveaux variés

de LNR ($M_n = 5600$) ou d'huile paraffinique. Des filières de 3 mm de diamètre et de rapports L/D différents ont été employées pour évaluer les pertes de charge à l'entrée, à différentes vitesses de cisaillement. Le gonflement de l'extrudat a été mesuré à la sortie d'une filière de longueur nulle. Les résultats obtenus montrent que la chute de pression à l'entrée des filières augmente avec la teneur en lubrifiant (huile paraffinique), tandis qu'elle diminue avec des taux croissants de LNR. En accord avec cet effet, le gonflement de post-extrusion (à débit constant) augmente avec la concentration en huile et diminue avec la teneur en LNR, ainsi que le montre la figure 47

une diminution nette de la viscosité, proportionnelle à la concentration en additif,
 une diminution de pression d'extrusion à débit constant,
 un gonflement de post-extrusion moindre (ou en tous cas inchangé),
 une diminution de la température de l'extrudat.

Figure 47



Inversement, un lubrifiant donnera au mieux un effet mineur sur la viscosité, une température et un gonflement de l'extrudat plus élevé.

CONCLUSION

Le caoutchouc naturel liquide correspond à la définition théorique d'un modificateur de viscosité en masse des élastomères diéniques, lorsque son poids moléculaire en nombre est de l'ordre de 5 000. L'évaluation des performances du LNR comme additif de mise en oeuvre donne des résultats encourageants, en accord avec les prédictions de la théorie. En exploitant convenablement les propriétés du caoutchouc naturel liquide, il serait possible de réaliser des économies importantes quant à la consommation énergétique des processus de mélangeage, d'augmenter les débits d'extrusion

sans pénaliser le gonflement ou la température de sortie des extrudats, voire de parvenir à mettre en oeuvre des formulations de caoutchouc impossibles, ou en tous cas très difficiles à travailler. Compte-tenu de la complexité et de la diversité des problèmes de transformation des caoutchoucs, ces résultats devraient être confirmés par des travaux complémentaires.

Il faut garder présent à l'esprit que le LNR, ayant un cout 3 fois plus élevé que les additifs courants de mise en oeuvre, ne sera valable économiquement que :

- dans les mélanges très difficiles à mettre en oeuvre,
- quand l'impératif d'une dispersion exceptionnelle existe.

Discussion

M. Leblanc : L'industrie du caoutchouc est une industrie très traditionnelle où les idées nouvelles mettent un certain temps à pénétrer. Cependant depuis 15 ans la motivation principale des progrès dans l'industrie du caoutchouc est moins la visée de performances améliorées pour le produit fini que la réduction des coûts de fabrication. Le caoutchouc naturel liquide peut alors certainement se positionner, il a un potentiel de réduction des coûts excessivement important. Avec quelques parties de caoutchouc naturel liquide on peut réduire l'énergie de mélangeage de 20 %. Dans une usine de transformation, 20 % de la facture d'électricité, d'énergie, de vapeur permettent de récupérer aisément le prix d'un additif tel que le caoutchouc naturel liquide.

M. Carlier : Pouvez-vous nous donner une idée du coût du caoutchouc naturel liquide?

MM. de Livonnière et Laigneau : D'après les calculs du Workshop de décembre 1989, il ressort que le caoutchouc liquide cote à peu près 3 fois le prix de la feuille fumée n° 1 FOB Abidjan. C'est le prix pour un caoutchouc sec. Il est obtenu par voie latex mais on peut aussi obtenir un latex de caoutchouc naturel dépolymérisé qui peut être mélangé avec un latex des champs, coagulés en même temps on obtient directement un mélange de polymères de poids moléculaire habituel et les quelques % que suggère d'utiliser M. Leblanc en caoutchouc naturel liquide. Cela réduit énormément le coût de l'opération et évite d'avoir à peser un produit difficile à manipuler.

"TYPOLOGIE CLONALE" PROPRIETES TECHNOLOGIQUES DES CAOUTCHOUCS

J.C. Laigneau

Les résultats que nous allons vous exposer sont le fruit du travail de l'ensemble des chercheurs du Département des Etudes Technologiques de l'IRCA/CIRAD Côte d'Ivoire.

Rappelons tout d'abord les objectifs, les dispositifs expérimentaux et les résultats antérieurs obtenus au titre de cette opération de recherche.

Objectifs

Il s'agit, dans un premier temps, d'apporter une contribution à la connaissance des propriétés technologiques du caoutchouc provenant des clones les plus plantés en Côte d'Ivoire :

- . caoutchoucs issus des latex,
- . caoutchoucs issus des fonds de tasses,
- . propriétés des latex centrifugés.

Au cours du CSTC de mars 1989, nous vous avons exposé les premiers résultats obtenus sur les caoutchoucs issus de latex; aujourd'hui, il est possible d'apporter des précisions complémentaires concernant ces caoutchoucs. L'étude des fonds de tasses, commencée en 1989, nous a permis également de dégager quelques grandes orientations nouvelles.

Dispositifs expérimentaux

*** Pour les caoutchoucs issus de latex :**

- . 7 clones (AVROS 2037-GT 1-PB 217-PB 235-PR 261-PR 107-RRIM 600)
- . 3 usinages (granulation à sec - granulation sous eau - CV)

soit 21 motifs.

*** Pour les caoutchoucs issus de fonds de tasses :**

- . 7 clones
- . 2 types de fonds de tasses
- . 2 temps de maturation (3 jours et 30 jours)
- . 2 types d'usinage (CV et non CV)

soit 56 motifs.

Le protocole concernant les fonds de tasses est relativement complet et conduit donc à un nombre de motifs important ; il est prévu de l'alléger au vu des résultats portant sur un cycle végétatif complet.

Analyses globales

Avant de procéder à des analyses statistiques globales, l'homogénéité des résultats a été vérifiée. Il convenait en effet de vérifier que les deux campagnes "latex" pouvaient être

analysées ensemble et que les différentes cultures utilisées conduiraient aux mêmes résultats. Un changement de l'angle d'oscillation du rhéomètre Monsanto interdisait la comparaison des paramètres rhéométriques des deux campagnes, mais chacune d'elles, analysées séparément, conduit aux mêmes interprétations.

Il n'a pas été possible d'autre part de dégager des différences significatives entre les parcelles saignées en quart de spirale remontante et en demi-spirale descendante.

Les analyses en composante principale de l'ensemble des résultats latex d'une part, et fonds de tasses de l'autre, montrent une certaine similitude, à savoir l'existence de deux directions approximativement orthogonales définissant deux groupes de propriétés indépendantes.

Latex

Dans le cas des latex, on retiendra trois types de descripteurs :

- . les descripteurs moléculaires (VM, PO, ML, VM/ACS1)
- . la vitesse de vulcanisation (représentée par la pente de la courbe rhéométrique)
- . la densité pontale (module à 100 %, dureté, MHR).

On voit que, par rapport à l'année dernière, nous avons introduit un troisième descripteur qui est la vitesse de vulcanisation. Cette vitesse varie dans le même sens que le module à 100 % des mélanges ACS1, mais ces deux propriétés ne sont pas corrélées et sont donc relativement indépendantes (fig.48).

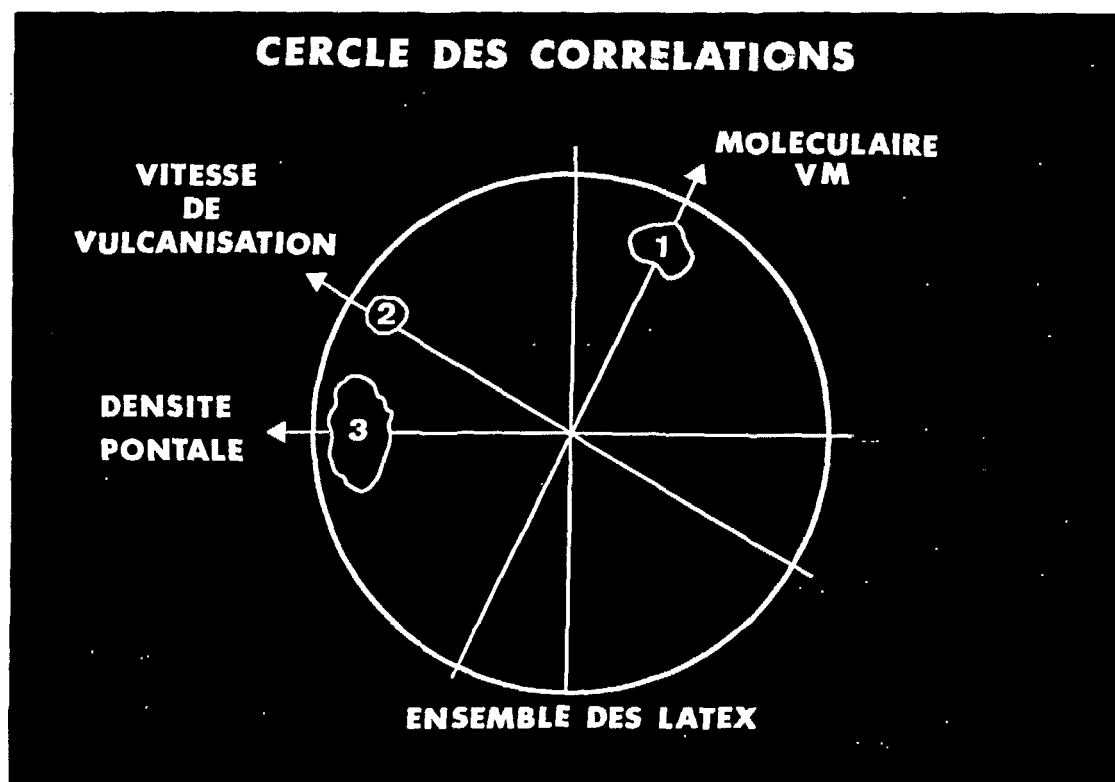


Figure 48

Une étude annexe nous a permis de confirmer que le module à 100 % des mélanges ACS1 correspondait à la valeur atteinte au plateau de vulcanisation et rend compte, de ce fait, d'un état ou d'une efficacité de vulcanisation et non pas d'une vitesse. Cette observation est confirmée par la corrélation hautement significative qui existe entre le module à 100 % du mélange ACS1 et la valeur du couple maximum mesuré au rhéomètre Monsanto. Il est prévu de confirmer cette interprétation par des mesures de gonflement dans les solvants qui traduisent avec beaucoup de précision la densité pontale.

Ces observations s'appliquent aux caoutchoucs ivoiriens; rien ne dit que dans des régions qui produisent des caoutchoucs plus "lents", les conclusions soient les mêmes.

Fonds de tasses

Dans le cas des fonds de tasses, on retrouve les deux directions correspondant aux descripteurs moléculaires et de densité pontale (fig.49).

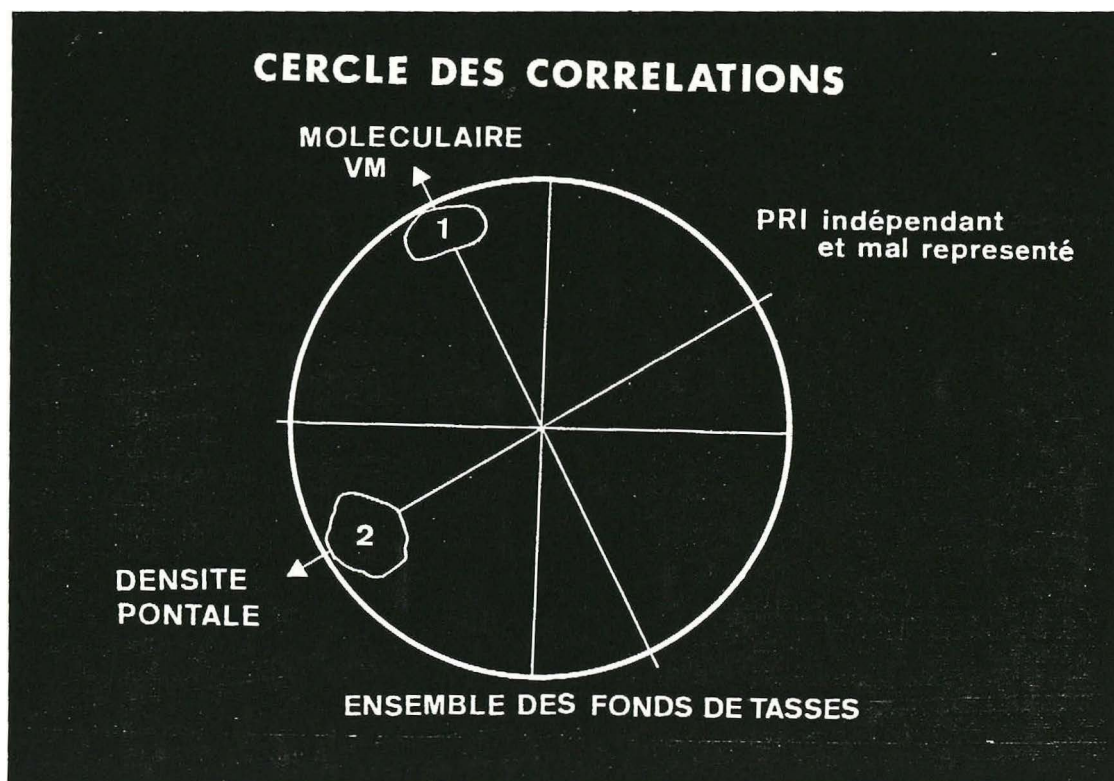


Figure 49

Le troisième descripteur pouvant être retenu est le PRI qui présente un coefficient de variation important dans le cas des caoutchoucs issus de fonds de tasses et se présente à l'analyse comme une variable indépendante.

Comparaison latex-fonds de tasses

Au niveau des résultats, il semblait intéressant de comparer la variabilité globale des principaux descripteurs dans le cas des caoutchoucs issus de latex et de fonds de tasses. Le tableau 18 montre bien les différences et l'influence de la maturation des fonds de tasses sur la variabilité du PRI.

Tableau 18 : Variabilité des caractéristiques technologiques

$$C.V.(%) = s / \bar{x} \cdot 100$$

PROPRIETE	LATEX	FdT · 3 j	FdT · 30 j
Po	10	19	15
PRI	6	19	44
VM	13	19	16
MOD.	8	7	11

Usinage non CV - Tous clones confondus

En vue d'étudier un éventuel allègement du protocole expérimental mis en oeuvre pour l'étude des fonds de tasses, deux paramètres ont été étudiés séparément.

Les fonds de tasses de type industriel et villageois conduisent globalement à des résultats semblables (tabl.19). La maturation a un effet différent sur le PRI des caoutchoucs de fonds de tasses industriels et villageois. Les fonds de tasses industriels se différencient au cours de la maturation, alors que les types villageois varient peu.

Tableau 19

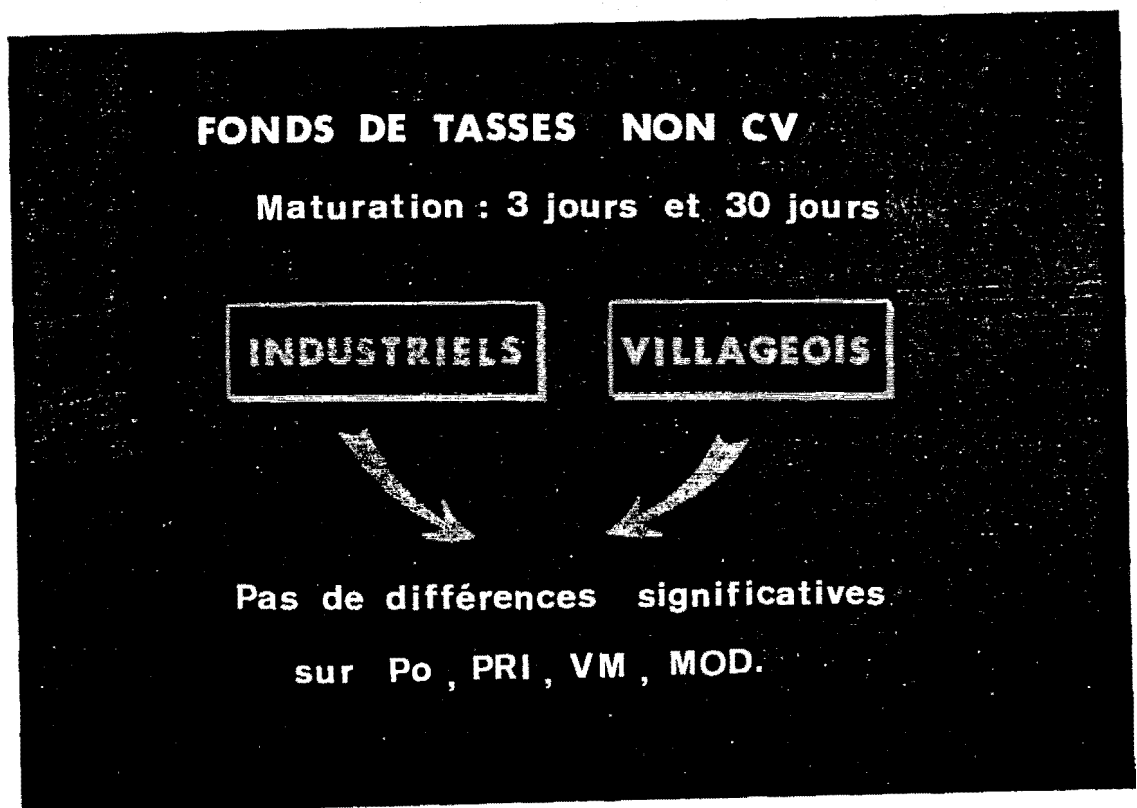


Figure 50

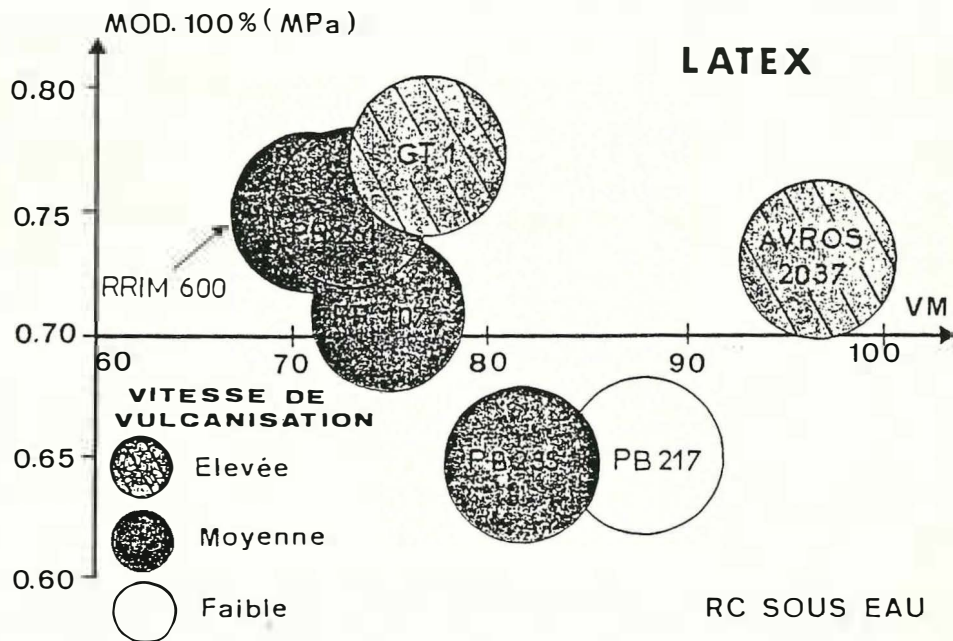


Figure 51

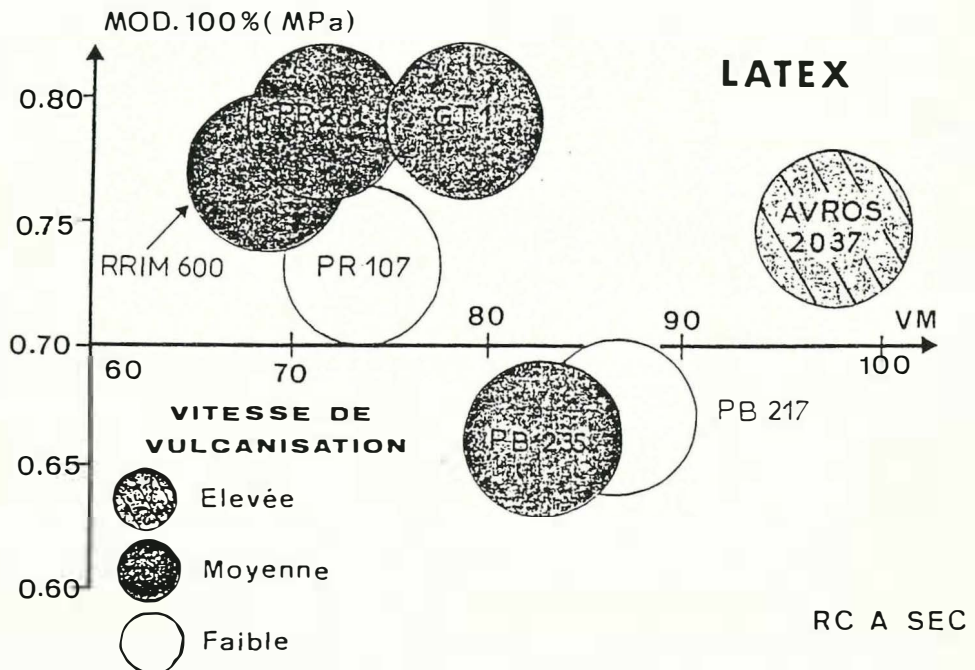


Figure 52

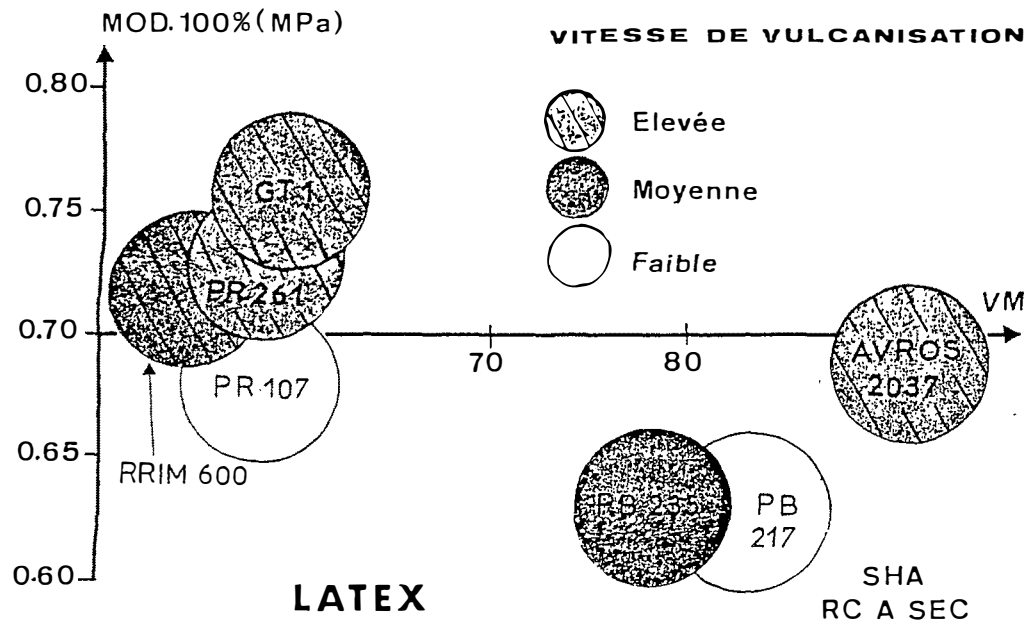


Figure 53

FONDS DE TASSES INDUSTRIELS-3 JOURS-NCV

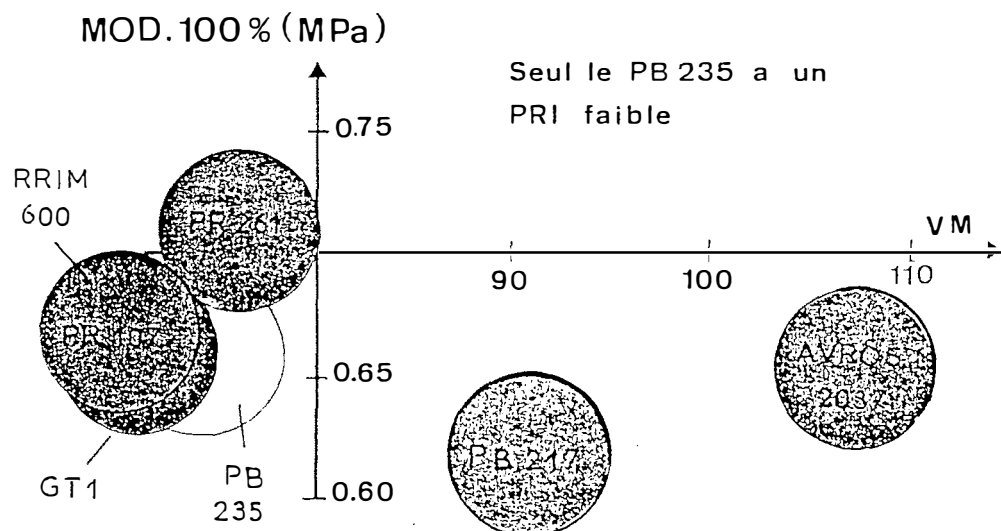


Figure 54

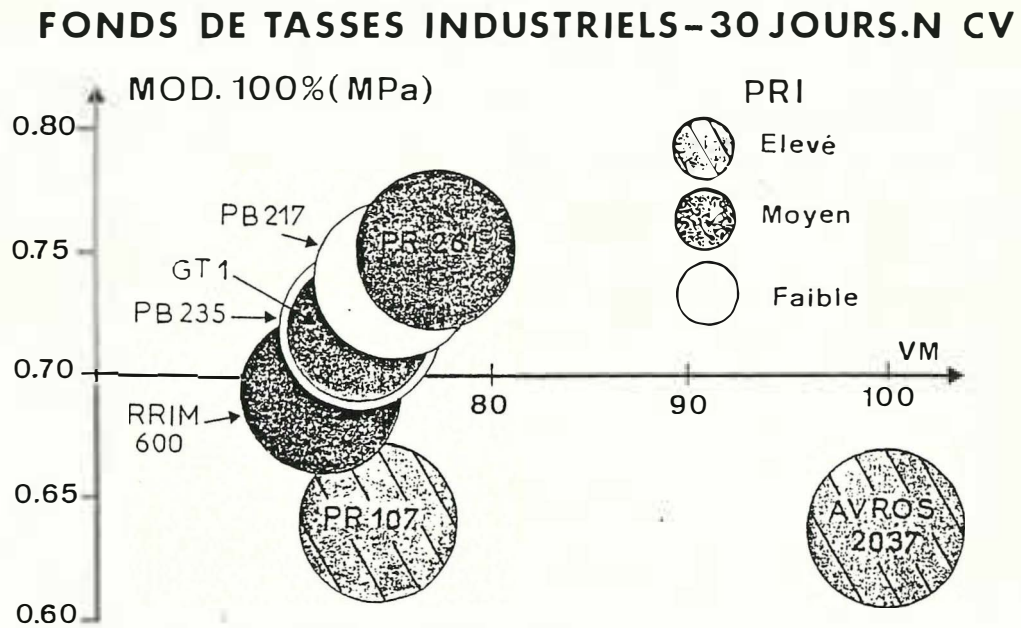


Figure 55

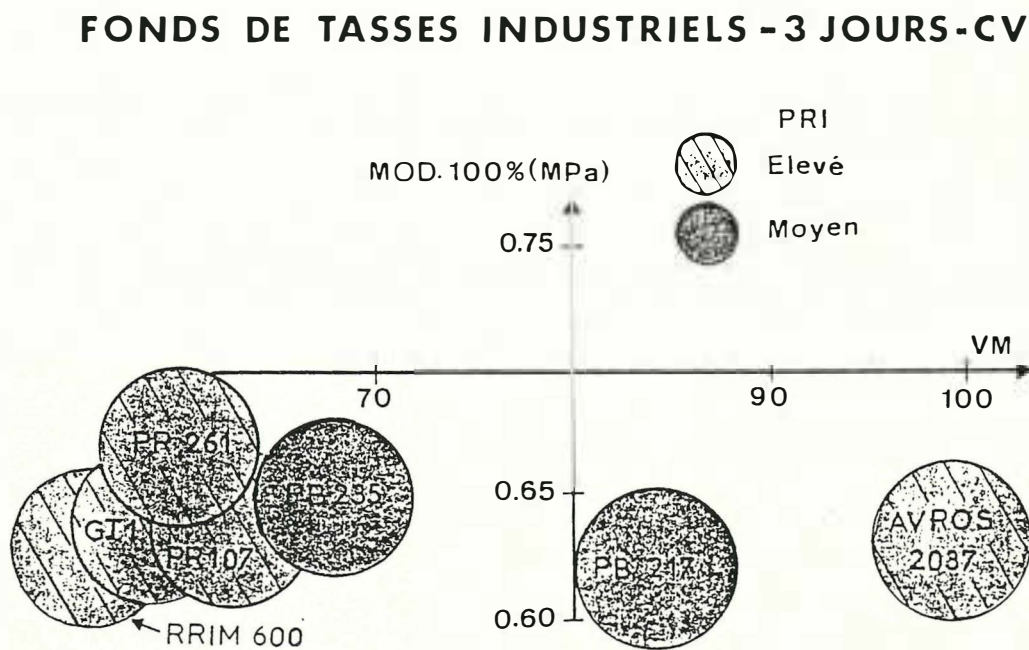


Figure 56

FONDS DE TASSES INDUSTRIELS - 30 JOURS - CV

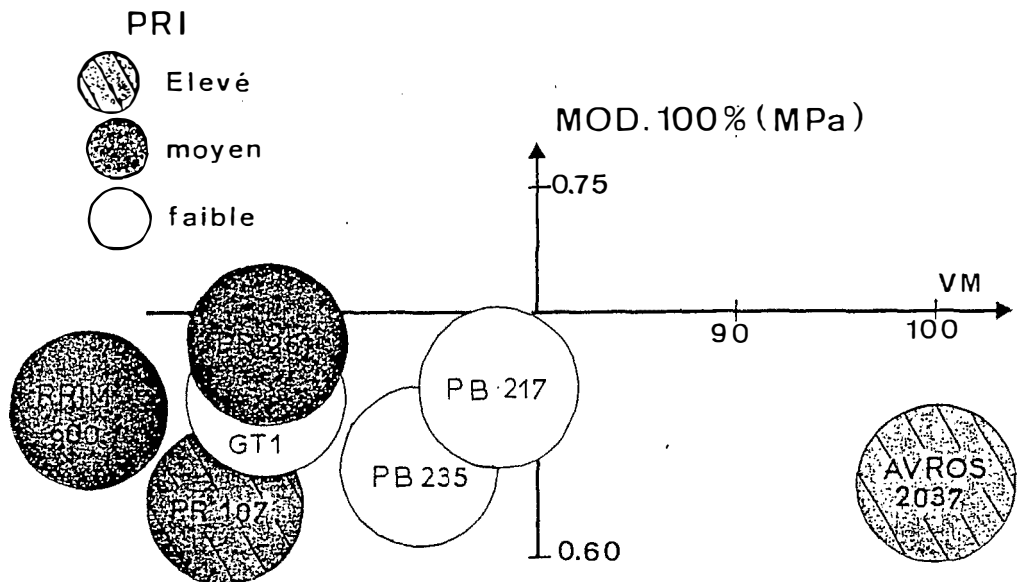


Figure 57

EVOLUTION SAISONNIERE DU PRI FONDS DE TASSES MATURES 3 JOURS

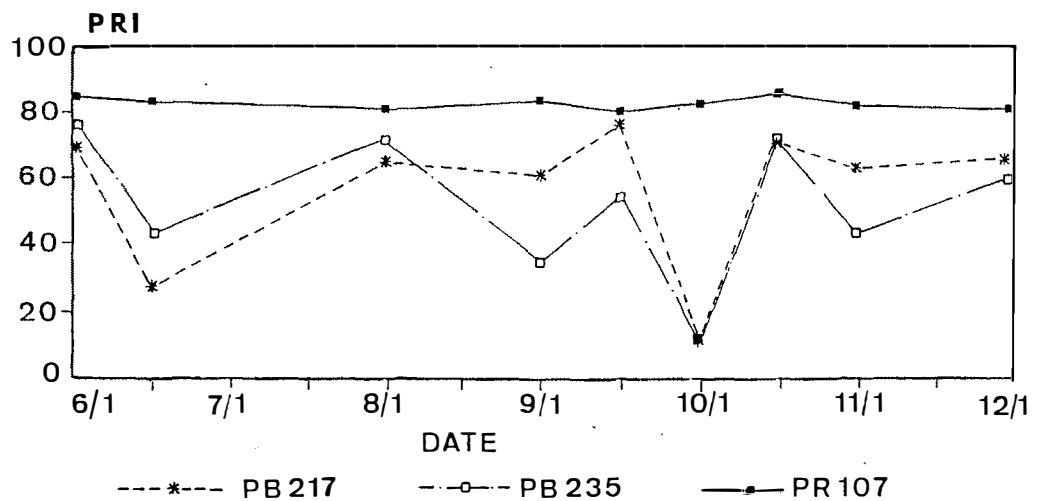
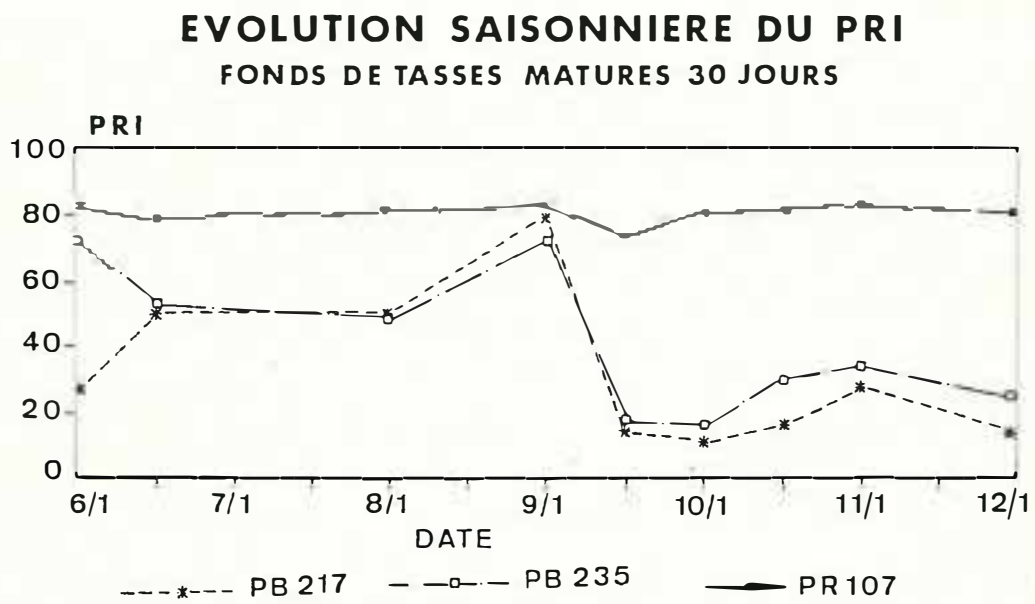


Figure 58



Résultats par motifs

En ce qui concerne les caoutchoucs issus de latex (fig. 50,51,52) usinés en type 5L, nous confirmons les résultats obtenus au cours de la première campagne. L'AVROS 2037 se distingue de tous les autres clones par une consistance particulièrement élevée. Les PB 217 et 235 sont similaires au regard de toutes les propriétés mesurées avec des tests ASHT particulièrement bas qui en font des clones naturellement CV, à l'opposé du RRIM 600.

La maturation a un effet de nivellement sur les propriétés des caoutchoucs de fonds de tasses, à l'exception des PRI (fig. 53, 54, 55, 56). On observe que les tests ASHT sont particulièrement bas pour les fonds de tasses. Le traitement au SHA influe sur le niveau de viscosité mais les fonds de tasses non traités pourraient être classés en CV selon les normes internationales.

Des études ont été entreprises pour tenter de distinguer les propriétés liées aux caractéristiques moléculaires du polyisoprène et celles qui dépendent des constituants non caoutchoucs.

Enfin, les figures 57 et 58 montrent la difficulté de cerner les problèmes de PRI qui se présentent comme un phénomène très saisonnier.

C'est un phénomène que M. Mouton avait mis en évidence dans l'étude des caoutchoucs de saignée cumulée.

Il apparaît que les variations de PRI surviennent généralement entre août et octobre, et peuvent se produire en quelques jours.

Des études ont été entreprises dans ce domaine.

Discussion

M. Rosenbaum : En Asie, en Afrique, dans d'autres pays que la Côte d'Ivoire on stocke des fonds de tasses pendant des semaines, des mois voire des années et les PRI sont très bons. Là, on s'aperçoit qu'au bout de 30 jours le PRI des fonds de tasses s'effondre. Les températures de séchage sont les mêmes.

M. de Livonnière : En Asie, il n'y a pas de qualité 10 pure et de qualité 20 pure, ce sont des mélanges de caoutchoucs acidifiés et de fonds de tasse. Le problème PRI disparaît quand on mélange ces deux types de caoutchouc. Au Nigéria il s'agit de seedlings et non de greffés clonaux.

M. Laigneau : Dans les études sur le PRI que nous faisons actuellement nous nous sommes aperçus que dans les mélanges de caoutchoucs à bas PRI et à haut PRI, la variation du PRI du mélange n'était pas linéaire. Il suffit d'ajouter une toute petite quantité de caoutchouc à haut PRI pour remonter de façon significative le PRI de l'ensemble. Il suffit d'un peu de slab coagulé à l'acide pour remonter le PRI.

SECHAGE DES FEUILLES. STRUCTURES ET MECANISMES INTERNES EN PHASE DIFFUSIONNELLE

Pr. Benet

Les travaux que je vais vous présenter ont été réalisés en collaboration entre l'IRCA, l'ORSTOM et le Laboratoire de génie civil de l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc où nous développons des recherches dans le domaine de la thermodynamique des matériaux hétérogènes.

Ces recherches ont porté sur le séchage du caoutchouc naturel. Elles ont pour but la connaissance des mécanismes mis en jeu lors du séchage pour aboutir à une maîtrise du procédé aussi bien en ce qui concerne la consommation énergétique que la qualité du produit.

STRUCTURE INTERNE DU CAOUTCHOUC NATUREL A L'ETAT HYDRATE

La figure 59 présente la surface d'une feuille de caoutchouc naturel à l'état déshydraté observé au microscope électronique; aucune porosité n'est perceptible; on observe à la surface des nodules dont la taille est de l'ordre de 30 microns et dont la nature n'est pas expliquée; ce pourrait être des globules non inclus dans la masse lors de la coagulation.

L'observation du caoutchouc naturel à l'état hydraté est beaucoup plus difficile. Pour réaliser cette observation, nous avons utilisé une technique de préparation par cryofracture. L'échantillon est tout d'abord congelé à -100° , une fracture est réalisée par traction sur le matériau rendu fragile. Après dépôt d'une fine couche de carbone-platine sur les détails structuraux on observe au microscope électronique.

La figure 60 présente une vue de la structure interne pour une teneur en eau de l'ordre de 13%. Cette vue suggère que la structure est composée de globules agglomérés entre eux (la taille des globules est de l'ordre de quelques microns), malgré la coagulation, le laminage et le séchage, ces globules gardent leur forme et leur dimension générales. L'ensemble des globules constitue un réseau assez régulier ménageant des cavités reliées entre elles et qui permettent le transfert de l'humidité vers la surface. Le séchage amènerait un rapprochement progressif des globules jusqu'à la structure compacte que nous avons montrée sur la figure précédente. La nature des liaisons entre les globules reste à préciser. Il semblerait qu'au vu de cette image la coagulation réalise une rupture de la couche phospholipoprotéique entourant les globules et permettant une liaison du caoutchouc. De la connaissance de cette liaison et de l'interaction entre la phase solide et la phase liquide dépend la compréhension de deux phénomènes essentiels en séchage : la synérèse et le croûtage. Des études sont à l'heure actuelle menées sur ces deux points.

Voici (fig.61) une vue du caoutchouc à l'état hydraté avec un grossissement très faible qui montre l'organisation des globules toujours pour une teneur en eau de l'ordre de 13%. Il est intéressant de savoir si l'eau contenue dans le caoutchouc a des propriétés particulières dues à des phénomènes à l'interface avec les globules.

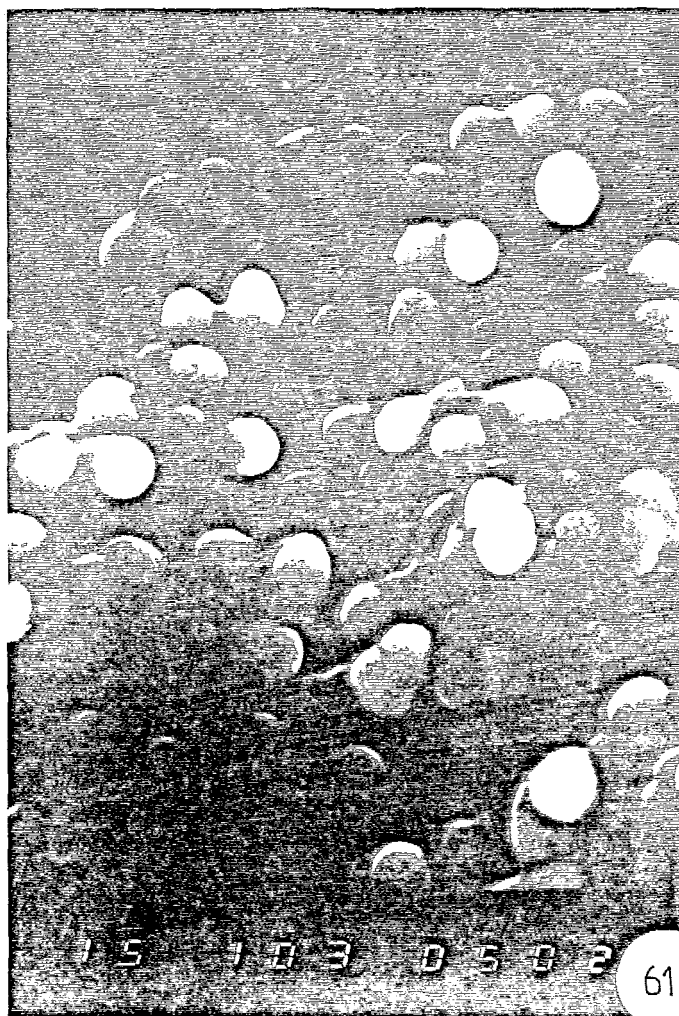
Pour cela il suffit de tracer l'isotherme de désorption (fig. 62) qui donne la relation entre la teneur en eau du caoutchouc et l'humidité relative de l'air en équilibre. Cette figure fait une synthèse des résultats de plusieurs auteurs. On peut constater que l'isotherme de désorption est peu sensible à la température, mais également à l'origine du latex. Le caoutchouc ne devient hygroscopique que pour une teneur en eau inférieure à 3%. Donc, au dessus de cette teneur en eau, l'eau contenue dans le matériau présente les mêmes propriétés que l'eau libre. Au dessous, l'aspect hygroscopique se manifeste et cet aspect peut être suffisant pour expliquer des reprises d'humidité lors de stockage de longue durée.



Figure 59 : Surface d'une feuille de caoutchouc naturel déshydraté

Figure 60 : Structure interne d'une feuille de caoutchouc naturel à l'état hydraté (teneur en eau comprise entre 10 et 15%)

Figure 61 : Surface d'une feuille de caoutchouc naturel déshydraté



MECANISME DE TRANSPORT DE L'EAU LORS DU SECHAGE

Les considérations thermodynamiques nous permettent de penser que la force de transport de l'eau dans le caoutchouc est le gradient de teneur en eau. Donc, l'étude que je vais vous présenter a pour but de vérifier cette hypothèse et de mesurer le coefficient de diffusion.

Cette loi serait la suivante : le flux de transport d'eau est proportionnel au gradient de teneur en eau par l'intermédiaire d'un coefficient de diffusion. Pour vérifier cette loi nous avons établi l'évolution de profil de teneur en eau dans une feuille de caoutchouc naturel. Pour cela, à l'instant donné, on fige le profil hydrique dans la feuille par congélation, on effectue ensuite une découpe de la feuille en fines lamelles parallèlement aux faces de la feuille. Des mesures de teneurs en eau sont effectuées sur ces lamelles. Ce qui nous permet d'établir l'évolution du profil de teneur en eau dans une feuille (fig. 63).

Donc on voit ici les différents profils en fonction du temps. Pour des raisons expérimentales cette découpe a été effectuée sur une feuille très épaisse (8mm). On peut constater que la surface de la feuille se met rapidement en équilibre avec l'atmosphère extérieure qui, ici, est régulée à 60 % d'humidité et à 50° Celsius. On a de très forts gradients de teneur en eau dans la feuille et une zone de teneur en eau presque nulle se développe au voisinage de la surface ; c'est la zone de croûtage qui se déplace vers l'intérieur de la feuille.

Je rappelle que le but poursuivi est d'établir une loi de transfert de l'eau dans ce matériau. A partir de ces profils, il est possible de déterminer d'une part le flux de transport d'eau vers l'extérieur et le gradient de teneur en eau qui est supposé être la force thermodynamique de transport.

La figure 64 présente la densité de flux d'eau (vers l'extérieur) en fonction de la force thermodynamique qui ici est le gradient de teneur de eau. On obtient une excellente linéarité ce qui confirme la validité de la loi de transport que nous avons adoptée. Le coefficient de diffusion est donné par la pente de ces droites. On voit très nettement sur cette figure que le coefficient de diffusion dépend de la teneur en eau.

La variation du coefficient de transport ou du coefficient de diffusion en fonction de la teneur en eau est représentée sur la figure 65. On constate que ce coefficient passe par un minimum pour une teneur en eau de l'ordre des 10%. La remontée du coefficient en dessous de cette valeur n'est pas totalement expliquée. Des études théoriques récentes permettent de penser que cette remontée est liée à la contraction de la structure qui contribuerait à expulser l'eau. Mais ceci n'est qu'une hypothèse de travail.

A partir des résultats que nous venons de présenter, nous avons élaboré un modèle mathématique, numérique, permettant de simuler le séchage de feuille de caoutchouc naturel quelles que soient l'épaisseur, la température et l'humidité de l'air de séchage. Ce modèle permet également d'injecter des variations des caractéristiques de l'aire de séchage. Ce modèle a été confronté à l'expérience et la figure 66 représente une cinétique de séchage d'une feuille c'est-à-dire la variation de teneur en eau moyenne en fonction du temps, pour une feuille de 2,3 mm d'épaisseur, pour un air asséchant de 43 % d'humidité et une température de 50°. On obtient une bonne concordance entre l'expérience et la théorie ce qui nous permet d'appliquer ce modèle à d'autres situations.

Voici rapidement présentés les principaux résultats obtenus par Richard Auria lors de sa thèse de doctorat. Nous avons depuis progressé sur la compréhension du séchage sous forme de granulés. Les travaux effectués en Côte d'Ivoire par un autre chercheur feront l'objet d'une soutenance de thèse très prochainement.

Discussion

M. Rémy : Le séchage de la feuille pour nous c'est un peu dépassé, pourriez-vous nous donner des résultats du séchage des granulés ?

M. Benet : Le transfert de l'eau dans le caoutchouc dans une feuille ou dans du granulé c'est pareil. Pour les granulés nous avons des résultats intéressants sur le plan de la compréhension des phénomènes. Cela a fait l'objet d'une thèse. Nous avons mesuré dans un lit épais de granulé les caractéristiques de l'air, l'humidité de l'air à différents niveaux du lit, la température de l'air, les températures des granulé, les tassements, les teneurs en eau à différents niveaux du lit de granulé. Nous avons constaté des corrélations entre les profils des différentes grandeurs ce qui nous permet d'élaborer un modèle mathématique du séchage d'une couche épaisse de granulé. Nous espérons avec ce modèle mathématique pouvoir simuler des situations diverses. Je réserve la primeur de ces résultats aux membres du jury de la thèse.

M. Rémy : Est-il possible de sécher du granulé à moins de 100 degrés ? L'étuvage du granulé permettrait-il une amélioration des conditions du séchage ?

M. Benet : Pour répondre à la première question il faut activer le modèle. Le dispositif expérimental réalisé en Côte d'Ivoire pour la thèse de Bruno Cousin devrait permettre de conclure sur l'efficacité de l'étuvage.

M. Sainte-Beuve : Des essais de séchage ont été faits à 80 degrés en 4 à 5 heures au niveau de notre pilote de séchage en Côte d'Ivoire. Cela reste à vérifier au niveau industriel. L'étuvage fait partie de nos projets.

Figure 62

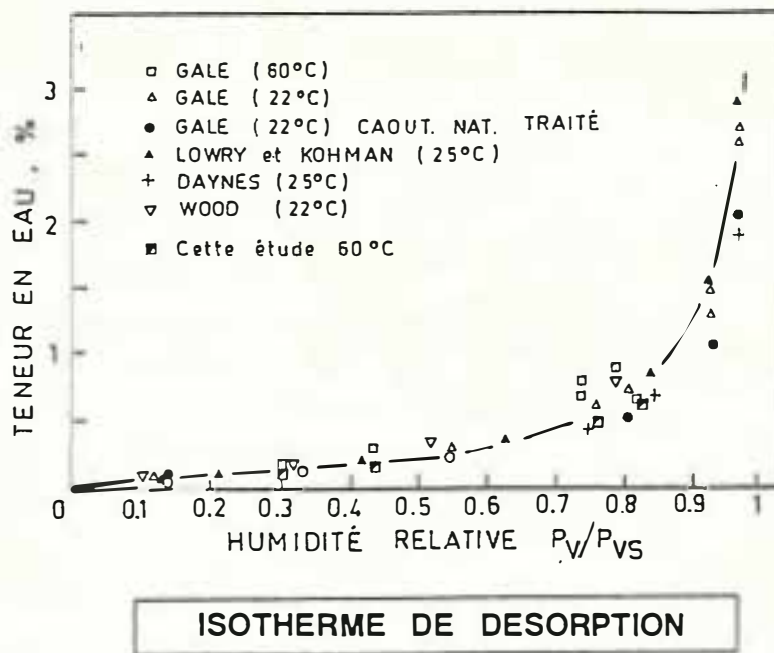
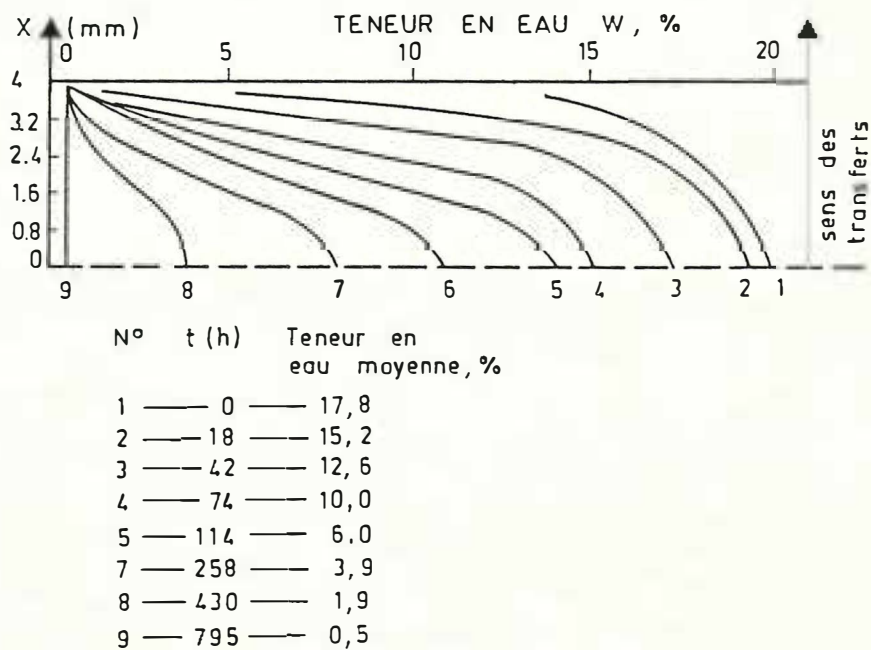
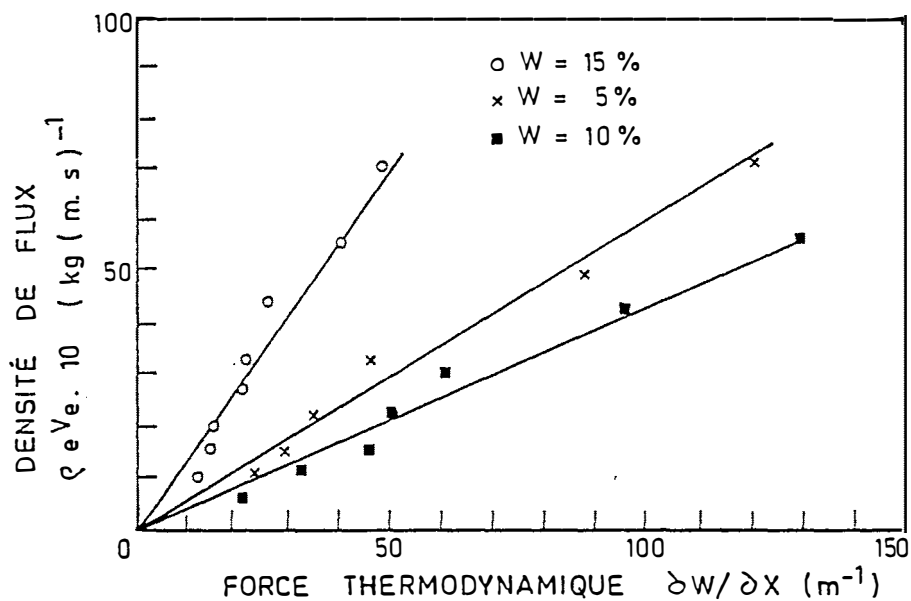


Figure 63



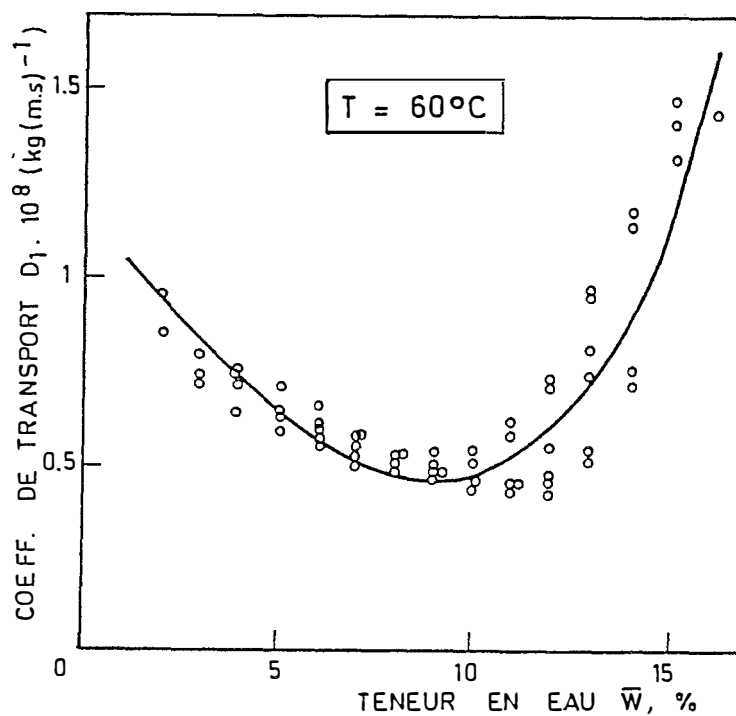
EVOLUTION DE LA TENEUR EN EAU AU COURS DU SECHAGE

Figure 64



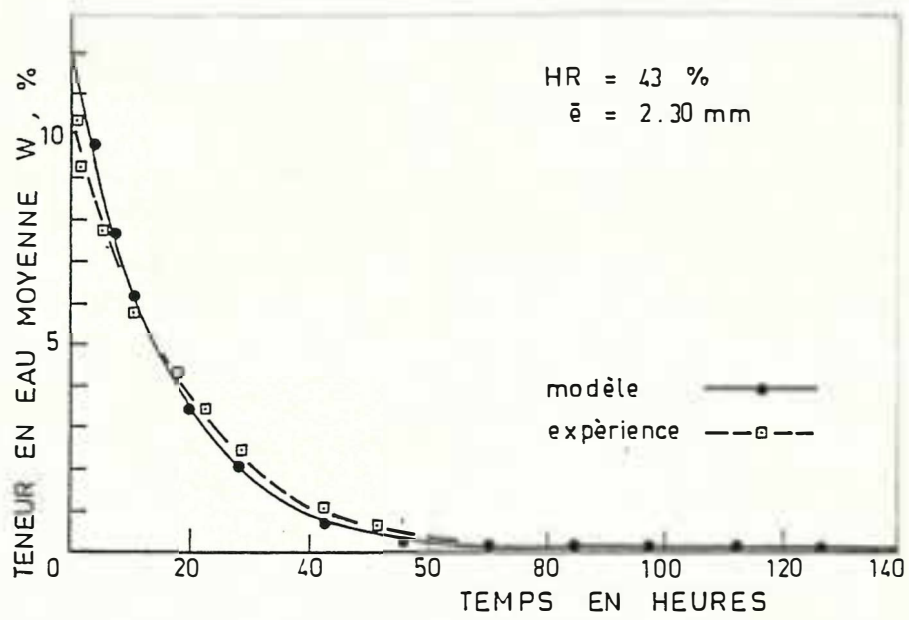
VARIATION DE LA DENSITE DE FLUX
EN FONCTION DE LA FORCE THERMODYNAMIQUE

Figure 65



VARIATION DU COEFFICIENT DE TRANSPORT DE L'EAU
EN FONCTION DE LA TENEUR EN EAU

Figure 66



CINETIQUES DE SECHAGE

CONCLUSIONS

PRINCIPALES CONCLUSIONS DE

LA 15ème REUNION DU CSTC

Pr. J. d'AUZAC

AGRONOMIE

L'importance des plantations villageoises (PV) en Extrême-Orient et leur développement constant dans l'Afrique de l'Ouest a conduit l'IRCA à se poser la question de savoir si ses recherches permettaient de répondre aux problèmes posés par l'Hévéaculture villageoise.

En Côte d'Ivoire les PV ont remarquablement démarré, essentiellement par suite d'un fort encadrement (un encadreur pour 40 planteurs) ; il n'est pas sûr aujourd'hui qu'un tel taux d'encadrement puisse être maintenu.

A la question de savoir quel clone planter dans ces PV il est apparu qu'on ne pouvait encore dans les 3 années à venir proposer d'autre clone que le GT 1 qui a fait ses preuves dans ces conditions ; l'IRCA poursuit cependant l'étude de clones plus performants.

Sur le plan de la technique de planting, le plantage en motte paraît maintenant préférable aux stumps greffés et les associations culturales durant les premières années de plantation sont intéressantes en milieu villageois, dans la mesure où les lignes d'*Hevea* ne sont pas négligées et où le *Pueraria* est associé à la dernière culture vivrière.

Le problème des pourridiés de racine (Fomès) est d'importance réelle puisqu'environ 12 % des PV ont plus de 3 % de leurs arbres

infectés. Des techniques appropriées sont disponibles, faut-il encore faire passer le message.

Le *Loranthus* est un problème relativement spécifique des PV ; il concerne plus particulièrement les arbres situés en bordure de parcelle. Les études doivent être développées pour connaître son impact réel sur la production et chercher éventuellement des moyens de lutte.

Il paraît clair qu'il faille étudier l'adaptation des techniques classiques de la grande hévéaculture au milieu villageois, autrement dit, mener des "recherches adaptatives" dont le résultat pourrait être transféré au développement grâce à de petites plantations villageoises pilotes réparties dans les différentes zones hévéicoles.

Le Pr. CHATAIGNER se félicite de l'action de l'IRCA, qu'il a pu estimer en Indonésie et Thaïlande, et souhaite la création d'un petit groupe de réflexion pour "articuler les recherches en milieu paysan" tant il est vrai que l'évolution générale des politiques agricoles dans les PVD accorde un rôle important à l'économie paysanne.

*

Disposer de valeurs de référence quant à la croissance et à la production des principaux clones constitue un outil important pour la conduite des plantations. Ainsi, 6 clones classiques ou prometteurs ont été implantés dans 12 "champs de comportement" situés dans différentes régions de Côte d'Ivoire, dont certaines sont marginales pour l'Hevea.

Les clones PB 235 et Avros 2037 se distinguent par leur croissance rapide et leur possibilité d'être mis en saignée entre 4 ans 1/2 et 5 ans. Le PB 235 et le RRIM 600 tranchent par leur niveau élevé de production dans le tout jeune âge. En période de production stabilisée (3 à 8 ans), le PB 217 dépasse le PB 235 et le GT 1

précède Avros 2037 et PR 261. Les chiffres de production sont donnés avec des intervalles de confiance élevés lesquels traduisent pour une bonne part la variation induite par les conditions écoclimatiques des divers champs d'expérience.

On tend par ailleurs à confirmer que le PB 235 à métabolisme rapide est le clone supportant le mieux une saignée un jour sur deux dans les conditions de l'expérience.

Les résultats présentés ici seront très vraisemblablement valorisés lorsque des traitements informatiques permettront, demain, d'intégrer les données sol, climat, croissance et production.

Il faut être conscient que l'aide des sociétés de plantation a été indispensable dans la mise en place de ces champs d'expérience et qu'elle reste également indispensable pour leur développement dans d'autres pays et sur d'autres continents.

*

Le *Colletotrichum gloeosporioides* pose un grave problème de maladie de feuilles dans les zones hévéicoles de la ceinture équatoriale (Sud du Cameroun et Gabon). De plus, depuis mars 1989 est apparu à HEVECAM le *Corynespora cassiicola* s'attaquant notamment au PB 260, le seul clone véritablement résistant au *Colletotrichum*.

On sait que ces deux parasites s'installent dans les mêmes conditions écoclimatiques, en l'occurrence lorsqu'il y a coïncidence entre la refoliation naturelle et une importante hygrométrie liée à la reprise des pluies. Les conditions sont alors réunies pour la germination des spores fongiques puis l'attaque exclusive des jeunes feuilles dépourvues de cuticule bien formée. Il s'ensuit des lésions, des déformations et des chutes foliaires, une éventuelle apparition de "dieback", des déséquilibres dans la composition minérale foliaire et finalement des diminutions de la croissance et de la production.

Si des traitements chimiques hebdomadaires, lors de la refoliation, sont réalisables à l'échelle des pépinières et des jardins à bois, il sont impraticables à l'échelle de plantations de plusieurs milliers d'ha..HEVECAM, avec le concours de l'IRCA, s'est lancé dans une stratégie, "d'escape" dont le principe est de provoquer une défoliation précoce permettant une refoliation anticipée et l'acquisition d'une maturité suffisante des nouvelles feuilles lors de la poussée fongique liée à l'apparition d'une forte hygrométrie. Un générateur d'éthylène (l'Ethrel) a été utilisé en traitement aérien (2,25 l.ha-1). L'avion et l'hélicoptère ont été employés avec leurs avantages et leurs contraintes propres à une échelle pouvant atteindre 6600 ha (1986). Un traitement annuel est efficace pour la plupart des clones alors que pour Avros 2037, PR 261 et PB 217, il n'est guère possible de rendre plus précoce la refoliation.

Pour que le traitement soit efficace il est nécessaire que le cycle annuel de défoliation-refoliation soit bien établi ce qui ne semble pas être encore le cas des plantations du GABON. Notons encore que ce traitement peut être préventif vis-à-vis des arbres qui seront mis en saignée dans l'année et curatif pour les arbres malades les années précédentes. De plus, le traitement aérien par l'Ethrel entraîne des surproductions significatives sur les 3 semaines suivant le traitement pour les arbres en saignés et une amélioration de la croissance pour les arbres immatures. Enfin, le même traitement s'est avéré efficace en 1989 pour des PB 260 atteint de *Cory nespora*. Il est clair qu'il y a là une innovation technique, majeure, économiquement rentable, susceptible de combattre les pathogènes s'attaquant aux jeunes feuilles d'*Hevea* pour peu que le cycle défoliation-refoliation soit bien établi, que les clones répondent au traitement et que ne se produisent pas des pluies intempestives.

*

* *

Depuis plusieurs années l'IRCA se préoccupe d'intégrer l'outil que constitue la Biologie Moléculaire aux recherches en Hévéculture. Dans un large exposé d'ensemble Mme DATTEE a expliqué ce qu'était la Biologie Moléculaire et ce que l'on pouvait en attendre. En effet, on peut accéder aujourd'hui au support de l'information génétique en lui-même (l'ADN) et non plus seulement à ses produits. "On vit aujourd'hui une période fantastique de découvertes qui auront des retombées très importantes sur la production végétale". "Les applications que l'on entrevoit aujourd'hui ne sont que la partie émergée de l'iceberg dont la partie immergée nous échappe encore".

On peut aujourd'hui dans le règne animal comme dans le règne végétal procéder à la localisation d'un gène donné sur les chromosomes. La Biologie Moléculaire autorise essentiellement l'analyse descriptive et l'analyse fonctionnelle de l'ADN.

L'analyse descriptive permet, entre autre, une étude ultra-fine du génôme et par là du polymorphisme, conduisant à la définition de marqueurs génétiques extrêmement utiles pour le sélectionneur.

La description étant acquise, on pourra, le long d'une longue molécule d'ADN, délimiter très précisément la fraction de cet ADN correspondant à un gène donné dont on étudiera le fonctionnement.

Ayant ainsi isolé et caractérisé un gène donné, le Génie Génétique ou la Transformation Génétique viseront à intégrer ce gène dans le génôme de l'espèce ou du clone que l'on souhaite transformer. Afin d'Améliorer on songe actuellement, d'une façon générale dans le règne végétal, à modifier la nature des protéines de réserve, à modifier le goût d'un aliment ou son aspect, à conférer à une plante une résistance à un herbicide, à la protéger contre un insecte, à la rendre tolérante à des infections virales... On a ainsi transféré à un plant de Tabac un gène conduisant à la mort de l'insecte s'attaquant au système foliaire.

Diverses plantes "transgéniques" ont été produites en France et à l'étranger, elles sont actuellement testées sur champs.

L'introduction d'un gène judicieusement choisi dans une cellule nécessite de maîtriser la culture *in vitro* de la plante. Il faut pouvoir, en amont définir et localiser le gène qu'il serait souhaitable d'introduire. En aval, il faut savoir partir de la cellule transformée pour obtenir une plante entière et expérimenter sur champs les résultats de cette transformation. Entre l'amont et l'aval il faut des Biologistes Moléculaires compétents pour l'isolement, la préparation et la multiplication du gène choisi. Tout ceci nécessite une équipe nationale ou internationale disposant d'une masse critique suffisante.

Il faut conserver à l'esprit que "la Biologie Moléculaire n'est pas une alternative à la Physiologie et à la Génétique classique mais une approche complémentaire, (dont) les applications actuelles sont très largement en deçà de la puissance de l'outil".

*

La Généticien travaille aujourd'hui en aveugle, il ne sait pas reconnaître à coup sûr un clone dans un jardin à bois ; il doit s'efforcer de prédire le comportement d'un clone adulte au vu de critères de sélection précoce, il doit structurer une population de génotypes comme celle provenant, par exemple, de la dernière prospection amazonienne. En en mot il manque de marqueurs simples lui permettant de guider sa politique de création de nouveaux clones et en même temps de vérifier les résultats de ses hybridations.

Cependant, les techniques d'électrophorèse ont permis de déterminer un polymorphisme isozymique et de disposer ainsi de marqueurs génétiques fiables. Si cette technique est actuellement utilisée pour l'identification d'une soixantaine de clones parmi les plus connus, on connaît aussi ses limites sur le plan de la faisabilité, comme sur celui de la finesse de sa "définition".

Deux nouvelles techniques peuvent être empruntées à la biologie moléculaire l'électrophorèse bidimensionnelle des protéines et surtout la RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism). Cette dernière technique qui utilise la fragmentation enzymatique de l'ADN foliaire conduit à des images du genre "Code barre" permettant une identification quasi-parfaite du matériel clonal et le marquage de caractères, autorisant un possible diagnostic précoce de sensibilité à des maladies, de caractéristiques anatomiques de l'arbre, de propriétés technologiques du caoutchouc....

L'acquisition de nouvelles connaissances grâce à l'outil Biologie Moléculaire rend théoriquement possible de viser à la transformation génétique. "Sans trop s'avancer, à court terme, la création d'*Hevea* transformés sera réalisée. Faut-il encore choisir les gènes à transformer, les localiser sur le génôme, s'assurer de la régulation de leur expression et tester la valeur agronomique de la plante transformée".

*

La Physiologie et la Biochimie classiques appliquées au latex ont permis d'acquérir des connaissances de base qui sont appliquées aujourd'hui au Diagnostic Latex, à la Typologie Clonale de fonctionnement et au Potentiel clonal de Production.

Ces résultats d'importance majeure ne constituent cependant qu'une étape dans l'acquisition des connaissances visant à optimiser la sélection et l'exploitation de l'*Hevea*.

En effet, pour arriver à ces acquis, l'essentiel des travaux a porté à ce jour essentiellement sur le dosage de molécules simples présentes dans le latex (sucres, phosphore, thiols...) et sur l'étude de la régulation de l'activité d'un certain nombre d'enzymes clefs dans la chaîne de réaction allant du sucre au caoutchouc. En d'autres termes, on s'est surtout intéressé à la régulation du fonctionnement d'enzymes présentes à un niveau **donné** dans le latex, autrement dit à leur **qualité**.

Les techniques de la Biologie Moléculaire permettent aujourd'hui d'approcher l'expression du génôme, c'est à dire de déterminer pour un clone donné, dans des circonstances précises, la **quantité** d'enzymes synthétisées (régulation de la traduction) mais aussi la quantité d'information génétique correspondante disponible (quantité d'ARN-messager transcrite à partir de l'ADN).

L'approfondissement de la connaissance d'un certain nombre de phénomènes physiologiques majeurs dans la production de latex et dans la sélection relèvent des techniques de la biologie moléculaire.

Ainsi et d'ores et déjà est abordée une étude, via la biologie moléculaire, sur le mécanisme intime de la stimulation hormonale de la production, dont chacun sait aujourd'hui l'importance majeure dans les systèmes d'exploitation de l'Hevea.

D'autres problématiques physiologiques relèvent visiblement de la même approche et il n'est pas impossible que l'hypothèse d'une origine virale de l'Encoche Sèche puisse être rapidement infirmée ou confirmée.

Là encore, l'outil moléculaire, à savoir la Physiologie Moléculaire constituera un instrument majeur, complémentaire de la Physiologie et de la Biochimie Cellulaire pratiquées par l'IRCA jusqu'à ce jour.

*

*

*

L'**Encoche Sèche** est depuis le début de l'Hévéaculture un problème majeur de par les pertes de production qu'elle entraîne. Un Workshop organisé en Malaisie par l'IRRDB en Juin 1989 a, encore une fois, attiré l'attention sur la gravité et la complexité du problème. Ainsi, il se pourrait que pour les clones hauts producteurs (PB 235 et PB 260) des stress hydriques et la qualité

des sols jouent un rôle plus important sur le développement de la maladie que la quantité de latex produit. Par ailleurs, sur-saignées et sur-stimulations provoquent initialement des phénomènes réversibles pouvant conduire dans la suite à la dégénérescence du système laticifère voire du panneau de saignée. Seul le phénomène réversible peut être traité efficacement par réduction de l'intensité d'exploitation. De nombreuses observations conduisent, de part et d'autre, à songer à l'existence d'un agent pathogène de nature inconnue...

*

Une convention de recherche établie en Côte d'Ivoire entre l'ORSTOM et la SOGB a permis de développer sur une durée de 3 années une étude approfondie du phénomène considéré comme une "nécrose corticale" de l'*Hevea*.. A côté des symptômes externes classiques, la nécrose se caractérise, après grattage superficiel de l'écorce, par des plaques brun-noires se développant selon un faciès ascendant à partir du collet ou descendant à partir de l'encoche de saignée.

Au niveau microscopique l'altération se développe surtout au niveau des laticifères avec la coagulation interne du latex et l'invasion des laticifères par les thyllosoïdes. Elle a son origine auprès de la lame brune précambiale et est progressivement repoussée vers l'extérieur sans qu'après plusieurs années de repos les arbres puissent être considérés comme sains.

Des analyses biochimiques effectuées au niveau de l'écorce et du latex ont permis de détecter précocement la présence de la maladie avant même l'apparition des symptômes externes (augmentation des caroténoïdes, du phosphate inorganique, de la matière sèche du latex). De plus, des analyses des paramètres biochimiques du latex permettent aux chercheurs de l'ORSTOM de distinguer des arbres atteints de nécrose de ceux atteints d'encoche sèche (réversible) due à une surexploitation.

Si la nécrose d'écorce est rencontrée essentiellement sur des arbres adultes, le fait qu'elle atteigne aussi parfois des arbres non encore saignés tend à exclure l'exploitation comme cause primaire du phénomène.

Une étude bibliographique effectuée par les chercheurs de l'ORSTOM les a conduit à préférer la dénomination de "Bark Necrosis", correspondant à un syndrome décrit en Malaisie en 1975.

Des isollements à partir d'écorces nécrosées ont permis de caractériser d'importantes flores fongiques et bactériennes. Toutefois, des pulvérisations hebdomadaires de fongicides et de bactéricides n'ont eut aucun effet. Des recherches visant à rechercher un pathogène dans la famille des virus, mycoplasmes, ou viroïdes, n'ont pas abouti à ce jour sans pourtant qu'il faille considérer ces résultats comme définitifs.

Des études épidémiologiques ont montré qu'il existait fréquemment des alignements d'arbres attaqués présentant des faciès descendants tandis que de nouveaux foyers constitués par 1 ou 2 arbres présentent plus généralement des attaques ascendantes partant au niveau du collet.

L'analyse des sols a montré l'existence de corrélations entre l'acidité du sol, sa teneur en aluminium et la présence de nécroses. Des différences dans la composition minérale foliaire pourraient également être prises en compte.

Il semble que la maladie puisse être en progression et que l'on compte en moyenne entre 15 et 30 % d'arbres malades mais non totalement improductifs dans les parcelles considérées.

Globalement, on est amené à se demander si divers traumatismes n'induiraient pas l'expression d'une information génétique apportée par un pathogène au niveau du génôme.

Dans une étude parallèle l'IRCA estime actuellement que l'Encoche Sèche, au sens large du terme, atteint 13 % des arbres plantés en Côte d'Ivoire, soit 4940 ha sur 38.000 ha plantés. C'est dire l'importance du problème posé.

Les clones à activité métabolique intense, tels PB 235 et PB 260, sont les plus sensibles à l'Encoche Sèche. Toutes les pratiques entravant le bon développement des arbres, telle la densité d'arbres sur la ligne, ont une influence défavorable. Les encoches basses, les fortes fréquences de saignée, un nombre élevé de stimulations, des concentrations importantes de stimulant, le début de la saison des pluies, sont des conditions favorisant l'encoche sèche. Il est apparu de plus que des teneurs élevées en argile et en aluminium notamment, pouvaient être reliées à des taux importants d'encoche sèche.

*

Une programme d' étude concertée sur l'Encoche Sèche a été proposé par J.L. JACOB. Il implique typiquement une approche pluridisciplinaire rassemblant

- les Agronomes pour des études de terrain visant à prendre en compte dans les relevés les différents stress subits par les arbres atteints (stress de fatigue liés à l'exploitation, stress écoclimatique, stress culturels).

- les Physiologistes, Biochimistes et Histo-cytologistes pour tenter de mettre en évidence l'incidence de la maladie à divers niveaux du système laticifère.

- les Phytopathologistes enfin, car il apparaît de plus en plus plausible qu'un agent pathogène très discret puisse être à l'origine de l'expression du phénomène Encoche Sèche.

Il importe cependant de conserver présent à l'esprit que l'Encoche Sèche de surexploitation peut être évitée, voire même

"récupérée" par une adaptation optimale du système d'exploitation au clone considéré, tandis que l'encoche sèche nécrotique de type Brown-bast reste aujourd'hui un phénomène extrêmement grave.

Il convient de monter une opération "Encoche Sèche" pour s'attaquer au problème pour peu que les moyens en hommes, matériels et financement soient rassemblés.

*

*

*

L'IRCA possède depuis 1978 une collection du matériel végétal en **GUYANE** et un chercheur y travaille depuis 1982. Les objectifs actuels de l'IRCA sont essentiellement d'y maintenir une collection aussi complète que possible, d'y étudier son comportement en présence de *Microcyclus*, mais aussi d'y étudier ce pathogène majeur et de sélectionner des clones résistants.

Depuis plusieurs années l'IRCA vise à développer une structure de recherche sur le centre CIRAD de KOUROU. On y dispose aujourd'hui de 18 ha de champs clonaux, 20 nouveaux ha sont en cours de réalisation, un laboratoire de phytopathologie est bien équipé et fonctionne pour l'étude fine des relations hôte-parasite, une mini-usine pour le traitement des premières productions sera mise en place d'ici la fin de l'année.

Des études sur la croissance des clones, leur résistance au Microcyclus se développent tout à fait favorablement. Inspirée directement par le Pr. CHEVAUGEON l'étude de la résistance horizontale des différents clones se développe favorablement par de nombreuses observations aux champs. Parmi tous les marqueurs possibles de cette résistance, le taux de "pointes sèches", la déformation des jeunes feuilles et l'accroissement annuel de la circonférence paraissant les plus représentatifs. Il apparaît nettement que les clones d'origine sud-américaine sont en général parmi les plus satisfaisants ; ainsi, de certains clones GU, RO, IAN mais aussi des RRIC 100 et 132 . Parmi des clones à résistance

partielle on trouve 6 clones IRCA, dont l'IRCA 18, le RRIC 101 et les PB 311 et 217.

L'évolution souhaitée de cette structure IRCA "en terre française dans une région d'Europe" vise à établir un relais ou une base centre, pour l'IRCA en Amérique du Sud.

Au plan de la recherche l'IRCA souhaite y assurer

- le renforcement du programme Microcyclus avec des volets amélioration, phytopathologie et biologie moléculaire. Ceci en collaboration avec le Brésil, Michelin et l'IRCA /Côte d'Ivoire.

La création d'un atelier de Culture in vitro pour la production de microboutures (cellule d'acclimatation)

- La création d'un laboratoire de Physiologie (Diagnostic latex et Physiologie moléculaire)

- Le développement d'un programme de Technologie (composition du latex et propriétés du caoutchouc).

L'implantation de l'IRCA en Guyane doit viser au développement de l'agriculture guyannaise en démontrant la possibilité d'une hévéaculture rentable dans des conditions extrêmes (coût de la main d'oeuvre et la présence de Microcyclus).

La base IRCA de Guyane se doit également de jouer un rôle important au plan inter-régional dans l'assistance technique, la formation des hommes et la fourniture de matériel végétal. Pour ce faire il est indispensable en effet de disposer d'une base "au pied des hévéas".

L'IRCA est heureux de constater le soutien du Directeur Général du CIRAD, M.. BICHAT, lequel a expliqué combien une telle politique était aujourd'hui d'actualité dans la mesure où le CIRAD est chargé par la CEE de proposer la création de centres de recherches

européens, localisées justement dans les départements d'outre-mer européens. Nous sommes donc, en toute logique, à la veille de voir se développer largement une orientation prise à l'IRCA depuis 8 années et visant à renforcer le rôle des départements d'outre-mer dans la recherche tropicale.

*

* *

TECHNOLOGIE

Des études sur la rhéologie des polymères réalisées par le Dr JL. LEBLANC (MONTEDISON) ont montré que l'adjonction d'un polymère liquide à un élastomère, pourvu qu'il soit compatible, était susceptible de modifier la viscosité du mélange et par là d'améliorer les propriétés de ce mélange lors de sa préparation et de son utilisation.

Le caoutchouc liquide, préparé par dépolymérisation du caoutchouc naturel présente a priori toutes les qualités requises pour assurer cette modification de "la viscosité en masse".

De fait, l'addition de caoutchouc liquide au naturel lors du mélangeage entraîne une diminution de la puissance consommée, permet la fabrication de mélanges très difficiles à mettre en oeuvre, augmente le débit des extrudeuses et par là diminue les coûts de fabrication.

Des confirmations expérimentales sont prévues ; il reste cependant que ce n'est que dans des cas particuliers que cette technique pourrait s'avérer utile par suite du coût plus élevé dû à l'utilisation du caoutchouc liquide à la place des huiles employées habituellement.

*

La variabilité des propriétés technologiques du caoutchouc naturel est un défaut majeur de ce matériel. On sait qu'une part de cette variabilité tient à l'usinage mais il est apparu également que l'origine clonale du latex pouvait jouer un rôle important car certaines propriétés technologiques sont effectivement liées au génôme.

L'étude importante entreprise par l'IRCA concerne à ce jour les caoutchoucs issus de latex et de fond de tasse. Les premiers résultats concernant le latex ont été présentés au 14^{ème} CSTC. Le traitement informatique des différentes données prises en compte a permis de retenir seulement 3 types de descripteurs : la vitesse de vulcanisation, les descripteurs moléculaires et la densité pontale. Dans le cas des caoutchoucs de latex on a ajouté la vitesse de vulcanisation aux descripteurs cités l'année dernière alors que le PRI est apparu plus descriptif pour les caoutchoucs de fond de tasse.

L'influence de la maturation des fonds de tasse sur la variabilité du PRI est à nouveau mise en évidence ainsi qu'une différence de comportement entre les fonds de tasses industriels et villageois.

Les résultats présentés montrent clairement l'originalité du caoutchouc de latex issu de l'AVROS 2037, les analogies entre PB 235 et PB 217 et le regroupement des propriétés des latex de GT1, PR 107, RRIM 600, PR 261.

Si l'on considère les caoutchoucs de fond de tasse on retrouve toujours l'originalité de l'AVROS 2037, mais aussi l'influence de l'usinage en CV sur le classement des clones.

L'importance de la variation saisonnière sur le PRI des caoutchoucs de fond de tasse de certains clones est remarquable si l'on considère les chutes constatées pour les clones PB 235 et PB 217 alors que le PR 107 reste pratiquement insensible. Ce phénomène saisonnier n'a pas été sans poser des problèmes pratiques aux

planteurs ; les présents résultats confirment s'il en était besoin ceux obtenus il y a une dizaine d'années.

*

On sait que depuis 6 années l'IRCA, en liaison étroite avec l'ORSTOM et le laboratoire de Génie Civil de l'Université de Montpellier II, a entrepris une étude fondamentale sur les phénomènes physiques impliqués dans le séchage du caoutchouc (feuille et granulé).

Deux thèses de Doctorat ont permis de rassembler et d'interpréter des résultats obtenus dans des conditions expérimentales soigneusement contrôlées.

La structure interne du caoutchouc hydraté observée en microscopie et l'étude du mécanisme du transfert de l'eau lors du séchage ont permis d'élaborer un modèle mathématique permettant de simuler le séchage de la feuille quelles que soient les conditions et ce modèle a été confronté à l'expérience. On dispose enfin d'un modèle satisfaisant qui va permettre, par exemple, d'étudier "l'étuvage" dans l'unité de pilote de séchage en Côte d'Ivoire, tandis qu'un troisième travail de thèse va débiter entre l'USTL et l'IRCA. Il concernera le phénomène de synérèse c'est-à-dire la contraction du coagulum entraînant une certaine élimination de l'eau liquide dans la première phase du séchage.

*

LISTE DES PARTICIPANTS

LISTE DES PARTICIPANTS

*** UNIVERSITE**

MM	d'AUZAC	Président-USTL
	BENET	USTL
	BROSSE	Université Le Mans
	CHEVAUGEON	Université Paris-sud
	CORNEL	Université Paris 7
	RONA	Université Paris 7
	SEBILLOTTE	INAPG

*** MINISTERE AFFAIRES ETRANGERES**

Mme	de GANAY
M.	GURGAND

*** PLANTEURS**

MM.	CHAMBE	TERRES ROUGES
	DOUXAMI	TERRES ROUGES
	GABRIEL-ROBEZ	SOCFINCO
	GOHET	HEVECAM
	GUELFUCCI	MICHELIN
	JULIEN	MICHELIN
	de LABOULAYE	SIPH-SAPH
	MERCERON	MICHELIN
	POLTON	UPC
	REMY	HEVECAM
	ROULAND	TERRES ROUGES
	de VERNOU	SODECI
	WINTREBERT	TERRES ROUGES

*** INDUSTRIELS, NEGOCIANTS, TECHNOLOGUES**

MM.	BERNE	PAULSTRA
	BRESSON	SYNDICAT DU CAOUTCHOUC
	COLINEAU	MICHELIN
	COUPARD	LRCCP
Mme	KATZANEVAS	IFOCA
MM.	LEBLANC	MONTEDISON
	MONNIN	SAFIC-ALCAN
	ROSENBAUM	EURONAT

*** ORSTOM**

MM.	NANDRIS
	RAVISE

*** BANQUE MONDIALE**

M. CARLIER

*** IRAP**

M. BOCCACCIO

*** INRA**

M. CHATAIGNER

Mme DATTEE

*** CIRAD**

MM. BAUDIN

BICHAT

BRAUD

CHALLOT

MANICHON

Mme MICHAUX-FERRIERE

MIDEC

DG CIRAD

IRCT

MITECH

DS

CNRS

*** IRCA**

MM. BANCHI

CAMPAIGNOLLE

CARRON

Mme CHEVALLIER

MM. COMMERE

COMPAGNON

DESPREAUX

ENJALRIC

ESCHABACH

GEDE

GENER

HENRY

JACOB

LANGLOIS

LAIGNEAU

Mlle LAMBERT

MM. LARDET

de LIVONNIERE

LOUANCHJ

NICOLAS

OMONT

de PADIRAC

PREVOT

PUJADE

RIVANO

SAINTE-BEUVE

SERIER

de la SERVE

TOURON

Mlle TOUSSAINT

M. de VERNOU

IRCA-CI

IRCA-Paris

IRCA-Montpellier

IRCA-Montpellier

IRCA-CI

IRCA-Paris

IRCA-Paris

IRCA-Montpellier

IRCA CI

IRCA (Thèse)

IRCA-Paris

IRCA-CI

IRCA-Montpellier

IRCA-Cameroun

IRCA-CI

IRCA-Montpellier

IRCA-Montpellier

IRCA-Paris

IRCA (Thèse)

IRCA-Paris

IRCA-Brésil

IRCA-IRRDB

IRCA-Montpellier

IRCA (Thèse)

IRCA-Guyane

IRCA-Paris

IRCA-Montpellier

IRCA-Paris

IRCA-Paris

IRCA-Paris

IRCA-Gabon

*** ABSENTS ET EXCUSES**

MM. CAILLEZ
COUSIN
DOAT
DONNET
FAUVIN
GRAY
GUILLEMIN
HIRSH
MEUNIER
PAUTRAT
ROQUEMAUREL
VERSCHAVE

*Office d'Édition de la Recherche Scientifique
et Coopération Internationale*

O.E.R.S.C.I.



REPROGRAPHIE INDUSTRIELLE
EDITIONS - DUPLICATIONS

*Parc Modulapolis H 1 Zone Euromédecine
Montpellier 67.52.20.05*